



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“SOBREDIMENSIÓN DE LAS CAMISAS DE  
REFRIGERACIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN  
DE SLEEVES PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN  
MOTOR DE COMPETENCIA”**

**CONDO ZAVALA, ALVARO HERNÁN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados es de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Condo Zavala Alvaro Hernán**  
**C.I:180307465-5**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**2015-12-04**

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

CONDO ZAVALA ALVARO HERNÁN

Titulado:

**“SOBREDIMENSIÓN DE LAS CAMISAS DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE  
LA IMPLEMENTACIÓN DE SLEEVES PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN  
MOTOR DE COMPETENCIA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edison Marcelo Castillo  
Cárdenas  
**DIRECTOR**

---

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical  
Angulo  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CONDO ZAVALA ALVARO HERNÁN

**TÍTULO DE LA TESIS:** **“SOBREDIMENSIÓN DE LAS CAMISAS DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE SLEEVES PARA LA REPOTENCIACIÓN DE UN MOTOR DE COMPETENCIA”**

**Fecha de Examinación:** 2017-08-18

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Alvaro Hernán Condo Zavala, declaro que el presente trabajo de titulación es de mí autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Alvaro Hernán Condo Zavala**  
**C.I:180307465-5**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación quiero dedicárselo a:

Mi abuelito Papá Segundito, que más que ser un abuelito para mí ha sido un cómplice de muchas cosas en mi vida, quien inició este camino para llegar hasta este momento.

Mi abuelita Mamá Rosita por siempre estar pendiente de mí a cada momento y haciendo siempre más de lo que necesito.

Mi padre Mario Hernán por darme la fuerza con ejemplo para salir de los momentos que en nuestra vida se presentan convirtiéndonos en amigos y cambiando nuestros papeles.

Mi mamita Anita Cecibel por siempre estar conmigo consintiéndome, tocando en el lugar que un hijo necesita como solo una mamá lo puede hacer.

Mis hermanas Fer y Anita Lu, por cada una de las vivencias que las compartimos en nuestro caminar.

Mis dos sobrinos Mathy y Andy por convertirse en unos hijos más que Dios me los regaló llenando espacios que solo los niños lo pueden hacer.

Mis tíos, tías políticas y mis primos que son un eje fundamental para mi vida por el cariño que lo han demostrado durante este caminar.

Mi esposa Erika por soportarme cada momento, cada locura y sobre todo por darme las ganas y el soporte necesario para concluir con esta etapa de mi vida y,

Al amor de mi vida, a mi hijo Jeremy Hernán “Cuando me di cuenta que alguien seguía mis pasos no dude en continuar” que, con sus locuras y risas siempre animó mi caminar y por eso HASTA EL INFINITO Y MÁS ALLÁ.

**Alvaro Hernán Condo**

## **AGRADECIMIENTO**

Con el presente trabajo de titulación quiero agradecer de manera muy especial a Dios y a la Madre Dolorosa; por guiar cada uno de mis pasos y ayudarme a distinguir entre las cosas del mundo y las de Dios.

Agradecer también a mi tío “ñño padre” por ser mi guía espiritual e inculcarme principios de vida con lo que he ido direccionando mi camino.

Agradecer a mi tutor y asesor por las ganas y la dedicación que le pusieron para poder culminar con este trabajo de titulación impartándole conocimientos y experiencia invaluable.

Gracias a la ESPOCH por brindarme la oportunidad de formarme como persona y profesional.

Gracias por todos los que hicieron algo y por los que no también.

**Alvaro Hernán Condo**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	3
1.3	Justificación	3
1.4	Justificación Teórica	3
1.5	Justificación Metodológica	4
1.6	Justificación Práctica	4
1.7	Objetivos	4
1.7.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.7.2	<i>Objetivo Específico</i>	4
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1	Ciclo Real de Funcionamiento	5
2.1.1	<i>Admisión</i>	5
2.1.2	<i>Compresión</i>	5
2.1.3	<i>Explosión</i>	5
2.1.4	<i>Escape</i>	5
2.1.5	<i>Traslapo o solape</i>	6
2.1.6	<i>Carrera</i>	6
2.1.7	<i>Relación de Compresión</i>	7
2.1.8	<i>Torque</i>	8
2.1.9	<i>Potencia</i>	9
2.1.10	<i>Potencia indicada</i>	9
2.1.11	<i>Potencia por cilindrada</i>	9
2.2	Método de repotenciación	9
2.2.1	<i>Por Aumento de Cilindrada</i>	9
2.2.2	<i>Aumento entrada de aire y combustible</i>	10
2.2.3	<i>Análisis técnico – par motor – torque</i>	10
2.2.4	<i>Sistema de alimentación de combustible</i>	13
2.2.5	<i>Carburador</i>	13
2.2.6	<i>Sistema de distribución</i>	14
2.2.7	<i>Sistema de refrigeración</i>	15
2.2.8	<i>Elementos que componen el circuito de refrigeración</i>	15
2.2.9	<i>Sistema de encendido</i>	20



<b>3</b>	<b>DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN</b> .....	22
3.1	Cambio de camisas de refrigeración .....	22
3.1.1	<i>Procedimiento</i> .....	22
3.1.2	<i>Trucaje de cabezote</i> .....	25
3.1.3	<i>Ensamblaje de Cabezote</i> .....	32
3.1.4	<i>Modificación sistema de alimentación de combustible</i> .....	33
3.1.5	<i>Mejoras en el sistema de encendido</i> .....	34
3.1.6	<i>Modificación Sistema de Refrigeración</i> .....	36
3.2	Características del Equipo Experimental .....	36
3.2.1	<i>Características Motor Estándar</i> .....	36
3.3	Curvas de Desempeño del Motor de Serie .....	38
3.4	Variable dependiente e independiente.....	38
3.4.1	<i>Variable independiente</i> .....	38
3.4.2	<i>Variable Dependiente</i> .....	39
3.5	Tipos y Características de Pruebas Experimentales .....	39
3.5.1	<i>Pruebas en carretera</i> .....	39
3.5.2	<i>Pruebas de temperatura</i> .....	41
3.5.3	<i>Pruebas en dinamómetro</i> .....	42
3.5.4	<i>Curvas de motor antes de ser repotenciado</i> .....	43
3.6	Recolección, organización y procesamiento de datos .....	43
3.7	Modelación matemática de la experimentación (diseño experimental) .....	44
3.7.1	<i>Diseño del radiador</i> .....	44
3.7.2	<i>Modificación Sistema de escape</i> .....	49
3.7.3	<i>Construcción heder</i> .....	50
3.7.4	<i>Sistema de admisión</i> .....	52
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	54
4.1	Curvas características de la experimentación.....	55
4.1.1	<i>Curvas de motor de repotenciado</i> .....	55
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	56
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	57
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-2</b> Temperatura de anticongelante.....	18
<b>Tabla 1-3</b> Especificaciones Blaster 2.....	33
<b>Tabla 2-3</b> Datos motor estándar.....	35
<b>Tabla 3-3</b> Tiempo vs velocidad.....	38
<b>Tabla 4-3</b> RPM máxima - motor usado.....	39
<b>Tabla 6-3</b> RPM máxima VS Velocidad (motor repotenciado).....	40
<b>Tabla 7-3</b> Prueba de temperatura.....	41
<b>Tabla 8-3</b> Motor estándar.....	43
<b>Tabla 9-3</b> Motor repotenciado.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1-2</b> MOTOR DE CUATRO TIEMPOS (GASOLINA).....	6
<b>FIGURA 2-2</b> CARRERA DEL PISTÓN .....	7
<b>FIGURA 3-2</b> RELACIÓN DE COMPRESIÓN .....	8
<b>FIGURA 4-2</b> TORQUE DE MOTOR .....	8
<b>FIGURA 5-2</b> GRÁFICO TORQUE VS VELOCIDAD.....	11
<b>FIGURA 6-2</b> PARTES INTERNAS DEL MOTOR .....	12
<b>FIGURA 7-2</b> GIRO SISTEMA BIELA MANIVELA .....	12
<b>FIGURA 8-2</b> SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	13
<b>FIGURA 9-2</b> CARBURADOR CONVENCIONAL .....	14
<b>FIGURA 10-2</b> DISTRIBUCIÓN MOTOR SUZUKI G10.....	14
<b>FIGURA 11-2</b> COMPONENTE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	15
<b>FIGURA 12-2</b> SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	16
<b>FIGURA 13-2</b> RADIADOR AUTOMÓVIL .....	16
<b>FIGURA 14-2</b> BOMBA DE AGUA .....	17
<b>FIGURA 15-2</b> TERMOSTATO.....	17
<b>FIGURA 16-2</b> ELECTRO-VENTILADOR.....	178
<b>FIGURA 17-2</b> ANTICONGELANTE .....	19
<b>FIGURA 18-2</b> CAMISAS HÚMEDAS .....	19
<b>FIGURA 19-2</b> SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL .....	20
<b>FIGURA 20-3</b> PROCESO DE CAMBIO DE CAMISAS.....	22
<b>FIGURA 21-3</b> PROCESO DE CAMBIO DE CAMISAS.....	23
<b>FIGURA 22-3</b> PROCESO DE CAMBIO DE CAMISAS.....	23
<b>FIGURA 23-3</b> POLEA EJE DE LEVAS (REGULABLE) .....	25
<b>FIGURA 24-3</b> DISPOSICIÓN DE LA VÁLVULA EN LA TOBERA DE ADMISIÓN .....	26
<b>FIGURA 25-3</b> TALADRO LINEAL.....	27
<b>FIGURA 26-3</b> CEPILLO PARA TALADRO .....	27
<b>FIGURA 27-3</b> MARCADOR INDUSTRIAL .....	27
<b>FIGURA 28-3</b> TOBERAS DE ESCAPE.....	29
<b>FIGURA 29-3</b> VALVULA .....	30
<b>FIGURA 30-3</b> MUELLE PRIMARIO Y SECUNDARIO.....	31
<b>FIGURA 31-3</b> JUNTA ORIGINAL .....	32
<b>FIGURA 32-3</b> JUNTA A MEDIDA.....	33
<b>FIGURA 33-3</b> CARBURADORES DE MOTOCICLETA .....	33
<b>FIGURA 34-3</b> BOBINA DE ENCENDIDO MSD.....	34

<b>FIGURA 35-3</b> CABLES DE BUJÍA DE COMPETENCIA ACCEL .....	35
<b>FIGURA 36-3</b> BUJÍAS DE ENCENDIDO DE IRIIDIUM .....	35
<b>FIGURA 37-3</b> RADIADOR ORIGINAL .....	355
<b>FIGURA 38-3</b> RADIADOR PARA MOTOR REPOTENCIADO.....	36
<b>FIGURA 39-3</b> GRÁFICO CURVAS DE DESEMPEÑO.....	38
<b>FIGURA 40-3</b> GRÁFICO CURVAS DE DESEMPEÑO.....	38
<b>FIGURA 41-3</b> GRÁFICO MOTOR ESTÁNDAR VS REPOTENCIADO.....	40
<b>FIGURA 42-3</b> GRÁFICO RPM MÁX. VS VELOCIDAD (MOTOR USADO) .....	39
<b>FIGURA 43-3</b> GRÁFICO RPM MÁXIMA VS VELOCIDAD (MOTOR REPOTENCIADO) .....	460
<b>FIGURA 44-3</b> GRÁFICO PRUEBA DE TEMPERATURA.....	471
<b>FIGURA 45-3</b> GRÁFICO CURVAS MOTOR ORIGINAL .....	472
<b>FIGURA 46-3</b> ÁREA DE RADIADOR.....	505
<b>FIGURA 47-3</b> ÁREA DE CÁLCULO .....	46
<b>FIGURA 48-3</b> MÚLTIPLE ORIGINAL.....	49
<b>FIGURA 49-3</b> MÚLTIPLE MODIFICADO (HEADER) .....	49
<b>FIGURA 50-3</b> MÚLTIPLE DE ADMISIÓN CON TOMAS INDIVIDUALES .....	53
<b>FIGURA 51-3</b> ANGULO DE 7° MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	53
<b>FIGURA 52-3</b> CURVAS MOTOR REPOTENCIADO.....	55

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- A.** Tabla de clasificación
- B.** Fotografía de participación
- C.** Fotografía de participación

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó la repotenciación para Mejorar el rendimiento de un motor de 3 pistones, incrementando su torque y potencia, utilizando pistones de un diámetro superior al que habitualmente se utiliza en motores de las mismas características. Para el incremento de potencia se realizó el cambio de camisas de refrigeración (*camisas húmedas*), para poder instalar pistones de diámetro superior con medidas que no se han realizado en motores de competencia de este tipo. Las camisas originales se sustituyeron por camisas más resistentes lo cual permite llegar hasta el límite sin que sus paredes sufran ninguna clase de averías. En el procedimiento se retira las camisas dejando el bloque totalmente vacío en su interior para posteriormente ensamblar las camisas previamente seleccionadas; las tres camisas se instalan mediante una prensa hidráulica como un solo ensamble. Una vez instaladas las camisas nos aseguramos que estén alineadas, procediendo a realizar el trabajo de rectificación con el procedimiento de un motor común. Al terminar con el trabajo de repotenciación del motor, se realiza las pruebas pertinentes para de esta manera corroborar cada una de las modificaciones que se realizaron. Las pruebas fueron hechas en carretera, en un banco dinamómetro y en competencia. Al contar con los datos reales del motor que nos dio como resultado al hacer las diferentes pruebas en el dinamómetro, se observó claramente que el aumento de potencia y torque eran satisfactorios alcanzado nuestro objetivo principal, superando así las expectativas. El motor que seleccionamos para la repotenciación tiene varias ventajas a motores de igual o mayor cilindrada, por lo que al momento de tener un auto de competencia es importante el peso y el motor seleccionado es pequeño por contar con 3 pistones. Se obtuvo mejoras en el rendimiento realizando las modificaciones en cada uno de los sistemas, pero sin llevar al máximo del rendimiento del motor. Por lo cual se pudo demostrar que no necesariamente se debe invertir valores muy altos de dinero para tener un motor repotenciado y competitivo. Concluyendo que para alcanzar el máximo rendimiento del motor no necesariamente se debe llevar al límite sino más bien hacer los cálculos necesarios para que su funcionamiento sea el correcto y tener el máximo rendimiento.

**PALABRAS CLAVE:** <REPOTENCIACIÓN> <MOTOR G10> <DISEÑO RADIADOR> <CONSTRUCCIÓN HEADER> <CAMISAS REFRIGERACIÓN> <COMPETENCIA> <TORQUE> <RENDIMIENTO> <DINAMÓMETRO>

## ABSTRACT

In the present titling work the repowering is performed to improve the performance of a three pistons engine, increasing its torque and power, using pistons of a higher diameter to that usually used in engines of the same characteristics. For the increase of power the change of cooling jackets (wet jackets) is made, in order to be able to install pistons of higher diameter with measures that have not been performed in engines of this type. The original jackets were replaced by more resistant jackets, which allows to reach the limit without walls suffer any kind of damage. The procedure is removed from the jackets leaving the block completely empty inside to later assemble the jackets previously selected; the three jackets are installed we ensure that they are aligned, proceeding to perform the rectification work with the procedure of a common engine. When finished with the work of repowering the engine, the relevant evidence to corroborate this way each one of the modifications that were performed. The tests were performed on the road, on a dynamometer bench and in competition. Having the actual engine data that results in the different tests on the dynamometer, it was clearly observed that the increase in power and torque were satisfactory reaching our main objective, thus exceeding expectations. The engine we selected for repowering has several advantages with engines of similar or greater displacement, so that when having a competition car the weight is important and the selected engine is small because it has three pistons. Performance improvements were achieved by making modifications to each one of systems, but without maximizing the engine performance. So it can be shown that you do not necessarily have to invest very high amounts of money to have a repowered engine and competitive. Concluding that to reach the maximum performance of the engine does not necessary calculations for its operation to be correct and to have maximum performance.

**Keywords:** <REPOWERING> <G10 ENGINE> <RADIATOR DESIGN> <HEADER CONSTRUCTION> <COOLING > <JACKETS> <COMPETITION> <TORQUE <PERFORMANCE> <DYNAMOMETER>

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El automovilismo en el país se remontan a los años 60 empezando ahí con la histórica vuelta automovilista del Ecuador compitiendo con autos repotenciados artesanalmente marcando un antes y un después. En la época de los 80's recordada como la época de oro que tuvo este deporte. A nuestro país llegaron los mejores autos que había en ese momento para competir en los diferentes campeonatos que se desarrollaban en ese entonces.

Hoy en día se requiere de profesionales con un alto grado de conocimiento tecnológico cuando la prioridad es la implementación de nuevas técnicas en campo automotriz, siendo un valor de mucha importancia el dominar las tecnologías ya existentes.

En el Ecuador desde hace mucho tiempo atrás ha llevado el mismo principio básico para la repotenciación de motores atmosféricos, con personas dedicados a esta actividad que han llevado a cabo las mismas modificaciones, casi ha sido un patrón a seguirlo haciendo las mismas modificaciones; así nace la propuesta de modificación de motores con una forma diferente: más confiable, con más desempeño y accesible.

La forma que se propone para repotenciar un motor de competencia es el instalar camisas para sobre-redimensionar el diámetro del cilindro y de esta manera aumentar el diámetro del pistón, llegando así al diámetro de pistón máximo que se pueda alcanzar en este tipo de motores.

Las camisas de competencia están construidas de hierro dúctil con diferentes tipos de aleaciones el cual cumple con las exigencias que necesitamos para repotenciar un motor; conociendo que un motor de competencia se encuentra a temperaturas y revoluciones más altas a las que soporta un motor en condiciones estándar.

Las camisas (*Sleeves*) están conformadas por un proceso de fundición centrífuga. El metal fundido con aleaciones, se vierte en un molde giratorio en el que la fuerza centrífuga impulsa el material hacia las paredes formando las camisas ofreciendo gran resistencia y durabilidad en comparación con el hierro fundido.



El hierro dúctil se produce mediante el tratamiento de hierro fundido como base con un contenido bajo en azufre y magnesio. El cambio en el metal se caracteriza por el grafito libre en hierro dúctil que se deposita en forma esferoidal o nodular en forma de escamas en el hierro gris.

Con el grafito libre en forma nodular, la continuidad de la matriz de metal está al máximo, lo cual representa la formación de un material dúctil mucho más fuerte, más resistente, superior al hierro gris en resistencia, en ductilidad, y en características de impacto. Después del proceso de fundición, el hierro dúctil entonces se dirige a las máquinas centrífugas para fundición de las camisas. El hierro dúctil líquido se vierte de un cucharón a un molde de las camisas rotativo dentro de la máquina de fundición. (Mieles, 2014)

El hierro dúctil contiene diferentes tipos de aleaciones. Estas aleaciones ofrecen resistencia a la tracción, también con la disipación de calor eficiente y rápido. El hierro dúctil se produce mediante el tratamiento de hierro fundido en bajo contenido de azufre con magnesio y bajo un control estricto.

Dentro de las especificaciones ASTM para las camisas de hierro dúctil podemos indicar una resistencia a la tracción mínima de 100.000 libras. En el mercado norteamericano existen camisas mucho más fuertes, estas camisas están diseñadas para soportar en motores de competición de alto rendimiento. Además, el material de la camisa es mucho más resistente a la abrasión y más resistente en la superficie de contacto con el pistón. Esta característica proporciona una buena retención de aceite, un mejor sellado con los anillos del pistón y con el aumento de la compresión en el cilindro.

Al cambiar el material de la camisa original que está construida de fundición ácido resistente de alta aleación con estructura de austenita, la misma que sufre desgaste por las altas temperaturas y por los esfuerzos que debe soportar un motor de competencia. Al ser sustituido el material de las camisas por uno más resistente como el hierro dúctil existirá una mayor disipación de temperatura, resistencia a los esfuerzos en altas revoluciones.

Después de realizar una inspección visual se pudo llegar a la conclusión de que se cuenta con un bloque de motor en condiciones de ser mecanizado por la técnica propuesta. Al realizar la inspección podemos determinar que nuestra preparación del bloque es factible realizarlo, a continuación, citamos los puntos a favor para empezar con el proceso:

- Se cuenta con un bloque de motor óptimo.
- Existe un amplio stock de repuestos en el mercado para poder repotenciar el motor.
- Se tiene el apoyo logístico para realizar la repotenciación del motor.
- Se cuenta con la información técnica del vehículo.

- Existe el asesoramiento técnico y práctico para la implementación y cambio de materiales del bloque del motor.
- Contamos con el apoyo de una rectificadora con experiencia para realizar dicho trabajo.

## 1.2 Planteamiento del problema

Si bien es cierto al momento que se expone sobre la repotenciación de un motor lo primero que se toma en cuenta es el aumento de la mezcla **AIRE-COMBUSTIBLE**, pero no tenemos un conocimiento claro para poder hacer dicha modificación. La mezcla con la que un motor debe trabajar eficientemente debe ser la que más cerca se encuentra de una mezcla estequiometría (**14,7 a 1**), sabiendo que es cuando mejor rendimiento tendrá un motor de combustión interna. Los motores siempre tendrán una deficiencia por la disposición del múltiple de admisión y escape, es así que los motores que se modifican en nuestro país son motores de autos estándar los cuales están evitando que exista contaminación o excesivo consumo de combustible; los cuales son los motores base que se utilizan para realizar cualquier modificación, llevándolos a estar en autos de competencia, participando en campeonatos naciones y provinciales.

## 1.3 Justificación

La implementación de una nueva técnica para repotenciar un motor de competencia, es importante optimizar recursos y aprovechar motores relativamente pequeños (**3 cilindros**), en comparación a motores que se utilizan, pero con un rendimiento igual y superior a otros motores de competencia.

Al momento que se comparan motores de competencia, existe una diferencia considerable de peso-consumo y rendimiento. Estas son las razones que fueron valederas para sustentar y para escoger este tipo de motor, siendo que el costo es relativamente bajo en nuestro medio.

La preparación de motores siempre ha estado en dependencia de la cantidad de dinero que se invierte, por lo que la mayoría de partes de competencia que se comercializan en Ecuador son importadas. Por ese motivo se quiere realizar esta preparación con un presupuesto relativamente bajo en comparación a otros motores de las mismas características. Para eso evitaremos el importar partes del exterior y realizar la construcción, modificación de partes dentro del país, pero con la misma eficiencia y así disminuir costos de manera considerable.

## 1.4 Justificación Teórica

El presente trabajo experimental se realiza con el propósito de aportar al conocimiento para la repotenciación de motores, el cual servirá como instrumento base para sustentar nuevas técnicas o métodos para futuras modificaciones. Este trabajo experimental se podrá poner en práctica con motores de igual o diferentes características al ya utilizado, sabiendo que la estructura interna de

un motor de combustión interna no ha variado desde sus inicios y más bien las variaciones han sido en los sistemas que forman el mismo.

### **1.5 Justificación Metodológica**

La aplicación de la técnica que el autor propone para la repotenciación de motores de competencia está siendo sustentada con cálculos y pruebas y una vez que sea demostrada su validez y confiabilidad, podrá ser utilizada en otros motores destinados a competencias.

### **1.6 Justificación Práctica**

Esta investigación se realiza debido a la necesidad de mejorar el nivel de desempeño de motores de competencia sin tener que gastar sumas elevadas de dinero, con esta propuesta se logrará tener motores de alto rendimiento y ser muy confiables al momento de una competencia.

### **1.7 Objetivos**

#### ***1.7.1 Objetivo General***

Mejorar el rendimiento de un motor de 3 pistones, incrementando su torque y potencia, utilizando pistones de un diámetro superior a lo que habitualmente se utiliza en motores de las mismas características.

#### ***1.7.2 Objetivo Específico***

1. Analizar las variantes tecnológicas en base al diámetro y la carrera mediante el estudio bibliográfico detallado para el sistema de pistón y camisa.
2. Realizar la respectiva adaptación en el bloque de cilindros retirando las camisas originales y sustituyendo por camisas seleccionadas para un motor de competencia.
3. Obtener datos en un dinamómetro; del motor en condiciones estándar y repotenciado para contraponerlos y de esta manera determinar el incremento de potencia, consumo y torque.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Ciclo Real de Funcionamiento

El funcionamiento real de un motor de combustión interna no se realiza con exactitud existiendo pérdidas de presión, de calor y el llenado del cilindro no siempre es completo, por lo que el rendimiento es menor al que está indicado por el rendimiento teórico.

Con el fin de mejorar el rendimiento del motor, las válvulas de admisión y de escape están sincronizadas para abrirse en tiempos antes (*adelanto*) o después (*retardo*) de los PMI y PMS. Así como también el proceso de combustión no es instantáneo, es preciso modificar el tiempo de encendido, con el fin de que la energía sea aprovechada a lo máximo posible, sin que exista pistoneo, ni pérdidas de potencia a diferentes velocidades.

##### 2.1.1 Admisión

Primer tiempo en el funcionamiento de un motor de cuatro tiempos. Es cuando las válvulas de admisión están abiertas dejando ingresar la mezcla aire-combustible al interior del cilindro, las válvulas de escape se encuentran cerradas.

##### 2.1.2 Compresión

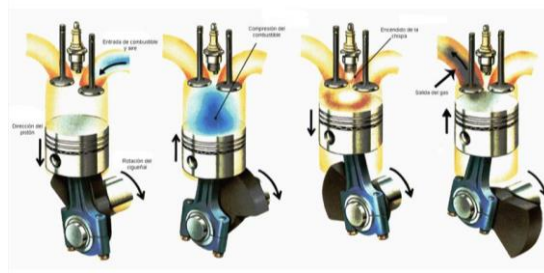
Las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas y el pistón sube desde el PMI al PMS generando compresión de la mezcla en la cámara de combustión.

##### 2.1.3 Explosión

Mediante la chispa generada por la bujía en el momento indicado se realiza una explosión, quemando la mezcla que se encuentra en el interior del cilindro y desplazando el pistón hacia el PMI, y así generando el movimiento en el cigüeñal.

##### 2.1.4 Escape

Al momento que se quema la mezcla se abre la válvula de escape y el pistón sube del PMI al PMS expulsando los gases generados por la explosión de la mezcla.



**Figura 1-2.** Motor de cuatro tiempos (gasolina)

**Fuente:** (Blancarte, 2014)

### **2.1.5 Traslape o solape**

Las válvulas de todo motor de auto se abren y cierran cuando el pistón está exactamente en el punto muerto superior o el inferior (PMS o PMI).

Existe un corto periodo de traslape en el cual dos válvulas se abren simultáneamente, permitiendo que la mezcla entre al cilindro y que al mismo tiempo salgan los gases quemados. Al intervalo en el que las dos válvulas se mantienen abiertas se le denomina traslape que es cuando éstas hacen que se encimen la base de admisión y la de escape. El proceso dura hasta que la válvula de escape se cierra por completo.

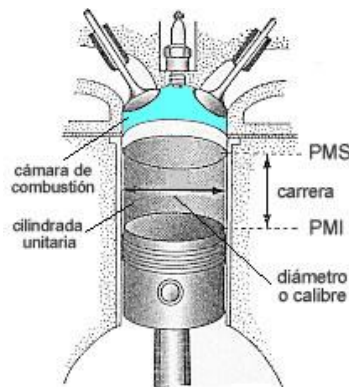
1. Se abre la válvula de admisión y entra la mezcla de carburante
2. Se cierra la válvula y se comprime la mezcla
3. Explosión
4. Se abre la válvula de escape y se expulsa el gas quemado

Suele ser de unos 20 a 25 grados para motores normales de ciudad o carretera, y en motores para competición puede llegar a 35 grados o más. Un traslape amplio permite al motor alcanzar unas RPM más altas, pero su funcionamiento a bajas velocidades va a reducir el rendimiento del motor, entregando menos potencia. Por el contrario, un traslape corto permitirá al motor obtener un buen rendimiento a revoluciones bajas. (Roshfrans, 2015)

### **2.1.6 Carrera**

La carrera le podemos describir, como el recorrido que realiza el pistón desde el punto muerto superior PMS, hasta el punto muerto inferior PMI, siendo este movimiento producido por la explosión en la cámara de combustión. Este es un moviente perpendicular y convirtiéndose en un movimiento circular para de esta manera hacer girar el cigüeñal.

En el motor que se utiliza para realizar la repotenciación, la medida de carrera originalmente es de 77 mm y será reducido hasta 74,8 mm.



**Figura 2-2.** Carrera del pistón

**Fuente:** (Dani meganeboy, 2017)

### **2.1.7 Relación de Compresión**

Es importante, cuando se incrementa la compresión, la utilización de combustibles más volátiles (con mayor índice de octano).

Esto evitará la detonación, que provoca pérdidas de energía, mal funcionamiento y rotura del motor. Los motores de serie actuales (de ciclo Otto) vienen con una relación de compresión entre 9:1 y 11:1. La relación de compresión en un motor de combustión interna se calcula al medir las veces que se comprime la mezcla de aire-combustible dentro de la cámara de combustión de un cilindro.

La fórmula matemática es la siguiente:

$$RC = VC + Vc / Vc$$

*RC = Relación de compresión*

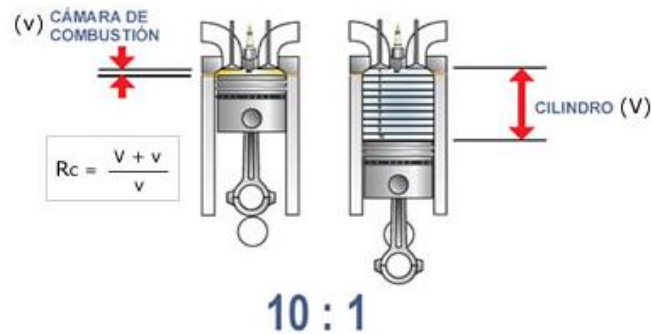
*VC = Volumen del cilindro*

*Vc = Volumen de la cámara*

Independientemente al número de cilindros, la fórmula se aplica a uno solo.

Ejemplo: un motor de cuatro cilindros en línea (4L) con 1.4 litros de desplazamiento, se divide el desplazamiento entre el número de cilindros (1 400 cc / 4 = 350 cc). A este valor se le suma el volumen de la cámara (350 cc + 40 cc = 390 cc y se divide por el volumen de la cámara (390 cc / 40 cc = 9.75).

La relación de compresión de este motor es de 9.75:1. O sea, la mezcla se comprime en la cámara 9.75 veces. En los motores de ciclo Diésel la calidad del combustible se mide en cetano, la mezcla se quema por auto ignición y por ese motivo la relación de compresión es mayor (por encima de 15:1) a los de gasolina. (Piñón, 2010)



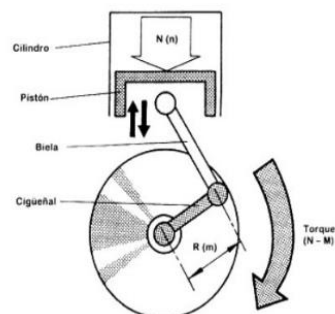
**Figura 2-2.** Relación de compresión

Fuente: (Dani meganeboy, 2017)

### 2.1.8 Torque

El torque y la potencia son dos indicadores del funcionamiento del motor, nos dicen qué tanta fuerza puede producir y con qué rapidez puede trabajar.

El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, recordemos que el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. Para medirlo, los se utiliza un banco o freno dinamométrico que no es más que una instalación en la que el motor puede girar a toda su capacidad conectada mediante un eje a un freno o balanza que lo frena en forma gradual y mide la fuerza con que se está frenando.



**Figura 3-2.** Torque de motor

Fuente: (taller y Repuestos, s.f.)

El torque está dado por la cilindrada del motor y la cilindrada la determina la carrera del pistón la cual también la modificamos entonces el torque se incrementará considerablemente a diferencia de estándar el cual es de **57 lb-ft @ 3200 rpm**. Datos que servirán para contraponerlos con los valores en el banco de pruebas (dinamómetro) que se contrapondrán con el motor después de modificarlo.

### **2.1.9 Potencia**

La potencia es el trabajo efectuado en un cierto tiempo. Por este motivo, ésta depende del par motor, pero también de la velocidad de rotación del motor. Cuanto más rápido gire el motor, más aumentará la potencia. La potencia del motor influye en la velocidad del vehículo.

### **2.1.10 Potencia indicada**

El combustible que se introduce en el interior de los cilindros posee una energía química que con la combustión se transforma en energía calorífica, de la cual una parte es convertida en trabajo mecánico.

Es la potencia real que es producida por el motor de combustión interna. Este trabajo es el producto de la fuerza aplicada al pistón por el espacio recorrido bajo la aplicación de la misma.

### **2.1.11 Potencia por cilindrada**

Indica la máxima potencia útil que da el motor por cada litro de cilindrada.

## **2.2 Método de repotenciación**

### **2.2.1 Por Aumento de Cilindrada**

Es la cantidad de centímetro cúbicos que determina la capacidad del conjunto de cilindros del motor.

A través de la cilindrada podemos obtener la potencia por cilindrada, que indica la máxima potencia útil que da el motor por cada litro de cilindrada.

#### **2.2.1.1 Aumentar el diámetro del cilindro**

Es una de los métodos más fáciles y comunes que se realizan al aumentar el diámetro del cilindro. Por lo que al aumentar unos pocos milímetros los cambios y resultados son muy satisfactorios.

Esta manera de aumentar la potencia de motor es muy acertada, sabiendo que no afectará ningún otro sistema del motor, pero si bien cierto para lograr esta modificación sin ningún problema



posterior. Por esa razón debemos tener en cuenta que pistón se va utilizar, para saber qué medida se va a realizar la rectificación de cada uno de los cilindros y de igual forma que el pistón que se va utilizar acople perfectamente con el émbolo del brazo de biela que se utilizará en el motor.

Nuestro proyecto va enfocado en este punto, al aumentar el diámetro de los cilindros a medidas que no se lograrían de una manera tradicional de repotenciación.

### **2.2.2 Aumento entrada de aire y combustible**

Para mejorar el rendimiento en motores de competencia tenemos que tener en claro el funcionamiento de un motor en condiciones estándar, por lo que estos están trabajando en condiciones diferentes tales como: temperatura, revoluciones y presiones más altas a las de un motor de competencia.

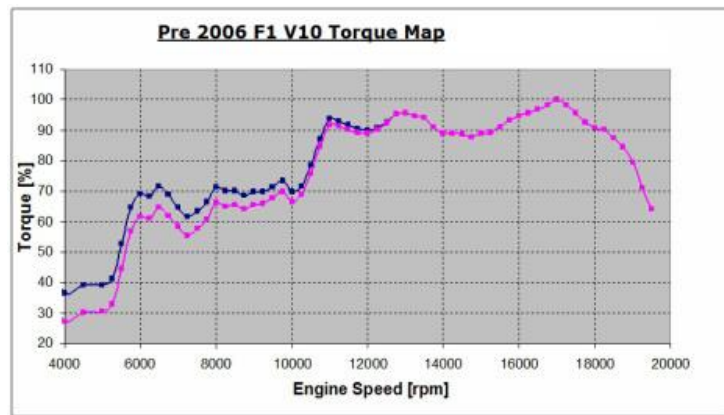
En un motor estándar se encuentra restringido el ingreso de combustible por el tema de emisiones y la economía del consumo de combustible. Pero para las condiciones que un motor de competencia trabaja es diferente sabiendo que “**a mayor consumo, mayor potencia**”. Por eso la mezcla que se realiza es en cantidades mayores de lo habitual y de esta manera contar con una alimentación de mezcla óptima para un motor que se encuentra ensamblado con pistones, válvulas más grandes que lo original.

Sabiendo que para lograr que nuestro motor funcione en óptimas condiciones se debe contar con una mezcla totalmente rica y dicha mezcla dosificada en cantidades iguales para cada uno de los cilindros.

### **2.2.3 Análisis técnico – par motor – torque**

La potencia es la velocidad con la que un trabajo se realiza, es decir, la tasa de transferencia de energía por una fuerza. La fuerza de rotación generada por un motor (por el cual se transfiere la energía) se denomina par motor.

RPM es el acrónimo de “rotación por minuto”. Es la velocidad a la que el motor mueve el volante de inercia o el volante motor.



**Figura 5-2.** Grafico Torque vs velocidad

Fuente: (Alberto, 2014)

Los motores de combustión interna (ICE) no producen el mismo impulso a diferentes velocidades, por tanto, no habría unas revoluciones por minuto máximas a las que el motor generaría la potencia máxima. Ocurre lo mismo con el par.

Una de las características de los motores de combustión es que proporcionan la máxima potencia con un par menor, a diferencia de un par mucho más alto.

Es decir, la potencia es la cantidad de energía que un motor puede transferir en el tiempo, mientras que el par es la capacidad de carga. De este modo, todo depende de lo que el usuario necesite. Si se requiere mayor aceleración, se necesita mayor potencia. Sin embargo, a mayor carga, mayor par motor.

La revolución por minuto señala a qué rpm el propulsor puede proporcionar mayor potencia o mayor par. Los coches de gasolina tienen una mayor entrega de potencia, mientras que, a su vez, los de gasolina tienen un mejor par motor.

Para aceleraciones, se precisa de potencia y par. Esto se traduce en que el par es la velocidad a la que el motor produce energía. Cabe recordar que la aceleración es la tasa de cambios de velocidad, por lo que urge vencer la resistencia para lograr mantener una velocidad

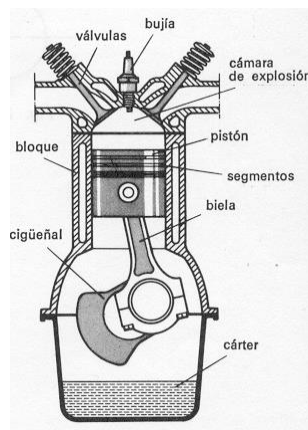
Normalmente, las RPM entre el par máximo y la máxima potencia marca el límite entre conducir y pilotar.

El par de giro indica cuánta fuerza hace falta para hacer voltear un objeto que se opone a hacerlo. Este objeto rota alrededor de un eje, llamado punto de giro (punto 'O'). La distancia entre este eje de giro y el punto donde la fuerza ('F') actúa, se denomina momento ('r'). Este momento, que también es un vector, referencia al eje de rotación donde la actúa la fuerza.

El momento depende de una distancia y una fuerza. Para calcular el par motor, habría que multiplicar la fuerza por la distancia desde el centro. En el caso de la tuerca de seguridad de una rueda, si la llave inglesa tiene una longitud de 30 centímetros y se ejercen 900 Newton de fuerza,

se producen 27,65 kilogramos por metro, es decir, como mover una masa de 27,65 kg sujeto a un eje cuyo centro está a un metro de distancia. Si se empleara una llave del doble de longitud, habría que generar una fuerza de 450 Newton para generar el mismo par (esfuerzo), suponiendo que todo está en línea recta.

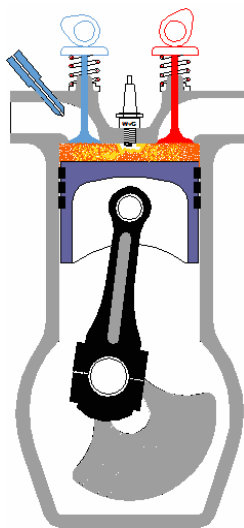
El propulsor de un coche origina un par de torsión que emplea para hacer rotar el cigüeñal. Este par se genera exactamente de la misma forma, es decir, una fuerza aplicada a distancia. Echémosle un vistazo a algunas partes del interior de un motor:



**Figura 4-2.** Partes internas del motor

Fuente: (Alberto, 2014)

La combustión de gas en el cilindro crea una presión contra el pistón. Esta presión forma una fuerza contra la cabeza del pistón que lo impulsa hacia abajo. La fuerza es transmitida desde el pistón hasta la biela, y de la biela al cigüeñal.



**Figura 7-2 -** Giro sistema biela manivela

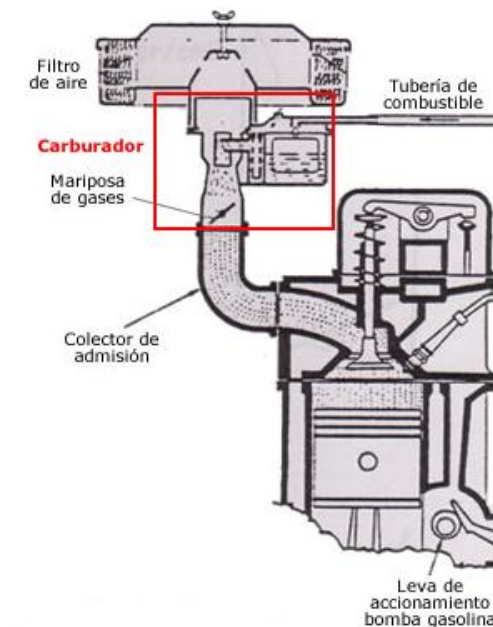
Fuente: (Alberto, 2014)

Cabe reseñar que existe una distancia entre la conexión del cigüeñal con la biela y el centro del eje. La distancia horizontal varía cuando el cigüeñal gira, de manera que el par motor también varía, ya que el par es fuerza multiplicada por distancia. (Alberto, 2014)

#### 2.2.4 Sistema de alimentación de combustible

En los vehículos deben existir dos elementos fundamentales para que pueda encender y funcionar correctamente. Estos dos elementos fundamentales son: combustible y chispa, de esta manera podrá existir la explosión en las cámaras de combustión del motor y podrá tener un funcionamiento adecuado.

El motor que se utiliza en nuestro proyecto es un motor que funciona con carburador, los encargados de dosificar aire-combustible en proporciones adecuadas para tener una mezcla estequiometría.



**Figura 5-2.** Sistema de alimentación

**Fuente:** (Dani meganeboy, 2014)

#### 2.2.5 Carburador

El carburador es el elemento que prepara la mezcla de aire y gasolina en una proporción adecuada, dependiendo de las necesidades y revoluciones del motor. El carburador en general se divide en 3 partes: cuba, surtidor y difusor, siendo esta una estructura general, podrá cambiar la forma externa, pero siguiendo el mismo principio de funcionamiento.



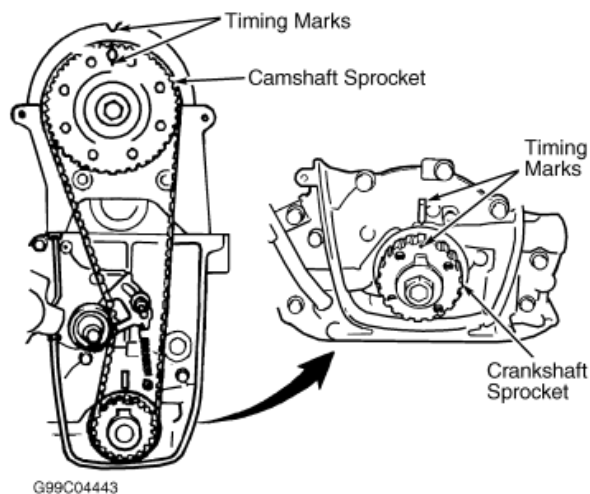
**Figura 6-2.** Carburador convencional

Fuente: (griffinparts , 2017)

### 2.2.6 Sistema de distribución

Es el conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de los gases en el cilindro para el llenado y vaciado de éstos, en el momento adecuado y preciso. Cuanto mayor es la cantidad de aire que ingresa al cilindro, mayor será la potencia que desarrolla el motor, por eso es fundamental el sistema de distribución que es el encargado regular los tiempos del funcionamiento del motor. Cuanto más rápido gira un motor, más difícil resulta llenar los cilindros, puesto que las válvulas abren y cierran mucho más rápido. Lo ideal es que la válvula de admisión se abra un poco antes del inicio de la carrera de admisión, y la de escape un poco antes de iniciarse la carrera de escape, para ayudar así al vaciado y llenado de los cilindros.

Los elementos que conforman el sistema de distribución están divididos en sub-sistemas: interiores y externos, los que describimos a continuación con cada uno de sus componentes. (Ivan, 2014)

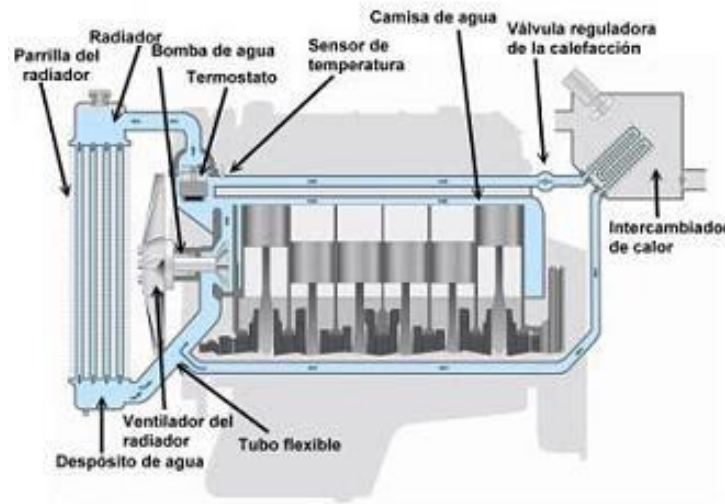


**Figura 7-2.** Distribución motor Suzuki g10

Fuente: (Correadetiempo, 2017)

### 2.2.7 Sistema de refrigeración

En las cámaras de combustión del motor, la energía química del combustible es convertida en energía calórica, que a su vez se transforma en energía cinética. El calor puede ser intenso y llegar a temperaturas altas como de mil grados. Es preciso disipar el calor excesivo para que el motor no se sobre-caliente y sufra daños.



**Figura 8-2.** Componente sistema de refrigeración

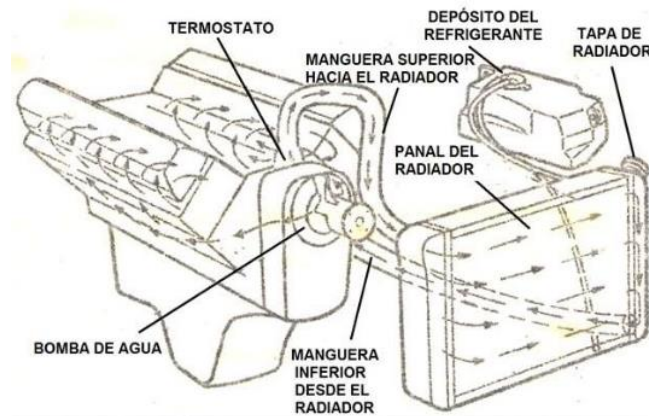
Fuente: (Danni, 2014)

Los motores son refrigerados por medio de un líquido refrigerante. Una bomba activada por el giro cigüeñal, bombeando el líquido refrigerante para que circule entre el bloque del motor y la culata a través de canales. El líquido refrigerante absorbe el calor y fluye hasta un radiador. El refrigerante circula en el radiador por un gran número de tubos estrechos que son enfriados por el aire que se genera con el movimiento del automóvil. Se utiliza un ventilador para crear una corriente de aire alrededor del radiador y el motor en caso que el automóvil no tenga la suficiente velocidad para generar el efecto de refrigeración adecuado.

### 2.2.8 Elementos que componen el circuito de refrigeración

El circuito de refrigeración de los motores está formado principalmente por los siguientes elementos:

- Radiador
- Bomba centrífuga de agua
- Válvula reguladora de temperatura (*termostato*)
- Ventilador
- Líquido refrigerante



**Figura 9-2.** Sistema de refrigeración

**Fuente:** (Palomares, 2013)

#### 2.2.8.1 Radiador

Es un intercambiador de calor entre dos medios, siendo uno de ellos el aire ambiente que está en contacto y el otro medio es el líquido refrigerante. Sirve para disipar el calor del motor, evitando su sobrecalentamiento y manteniéndolo en una temperatura adecuada (85-95 °C *aproximadamente.*) para el correcto funcionamiento del motor.



**Figura 10-2.** Radiador automóvil

**Fuente:** Autor

#### 2.2.8.2 Bomba de agua

La bomba de agua se intercala en el circuito de refrigeración del motor, y tiene la misión de hacer circular el agua en el circuito de refrigeración del motor, y tiene la misión de hacer circular el agua en el circuito para que el transporte y evacuación de calor sea más rápido. Cuanto más deprisa gire el motor, mayor será la temperatura alcanzada en el mismo, pero como la bomba funciona sincronizada con él, mayor será la velocidad con que circula el agua por su interior y, por tanto, la evacuación de calor.



**Figura 11-2.**Bomba de agua

**Fuente:** (mizumo autoparts, 2017)

#### 2.2.8.3 *Válvula reguladora de presión*

Conocida también como Termostato, es una válvula que en su constitución está provisto por una muelle el cual se contrae o dilata dependiendo la temperatura con la que este en contacto con el líquido refrigerante. Su ubicación se encuentra en la entrada del líquido refrigerante hacia el motor y su funcionamiento principal es el de mantener a una misma temperatura el líquido refrigerante que se encuentra recorriendo el circuito de enfriamiento.



**Figura 12 -2.** Termostato

**Fuente:** (NIPPARTS , 2016)

#### 2.2.8.4 *Ventilador*

Es el que ayuda al suministro de aire para ayudar al enfriamiento del radiador siendo que el choque de aire que se genera cuando el vehículo está en movimiento y así ayudar al correcto enfriamiento del motor, líquido refrigerante y radiador. El funcionamiento está dado por un switch, el cual se activa al superar la temperatura ideal de funcionamiento y se apaga al llevar a la temperatura mínima de funcionamiento que generalmente esta entre los 82 y 98 °C. Estos valores pueden variar de acuerdo al fabricante.





**Figura 13-2.** Electro-ventilador

**Fuente:** (SPAL usa, 2016)

#### 2.2.8.5 *Líquidos refrigerantes y anticongelantes*

Se eligió utilizar el anticongelante/refrigerante de vida extendida que contiene una mezcla con 50% anticongelante/refrigerante para protección contra la corrosión y temperaturas extremas y 50% agua desmineralizada para protección contra la transferencia de calor.

El principal aditivo del anticongelante es el compuesto por glicerina o alcohol, el producto más utilizado es "etilenglicol". El punto de congelación se determina según el porcentaje de este elemento. El anticongelante puro se mezcla, a poder ser, con agua destilada en distintas proporciones, que determinaran un punto de congelación más bajo.

**Tabla 1-2:** Temperatura de anticongelante

<b>Anticongelante puro (%)</b>	<b>Punto de congelación (° C)</b>
<b>20</b>	- 10
<b>33</b>	- 18
<b>44</b>	- 30
<b>50</b>	- 36

**Fuente:** Autor

Las propiedades y ventajas para utilizar este tipo de refrigerante es por las características que nos brinda y saber que al momento de una competencia no existirá ninguna clase de dificultad por no tener un correcto enfriamiento. Indicando a continuación las ventajas que brinda la utilización de líquido refrigerante.

- Disminuir el punto de congelación del líquido refrigerante, el cual, en proporciones adecuadas, hace descender el punto de congelación entre 5 y 35 °C; por tanto, la

proporción de mezcla estará en función de las condiciones climatológicas de la zona o país donde circule el vehículo.

- Aumentar la temperatura de ebullición del agua, para evitar pérdidas en los circuitos que trabajen por encima de los 100 °C.
- Evitar la corrosión de las partes metálicas por donde circula el agua.



**Figura 14-2.** Anticongelante

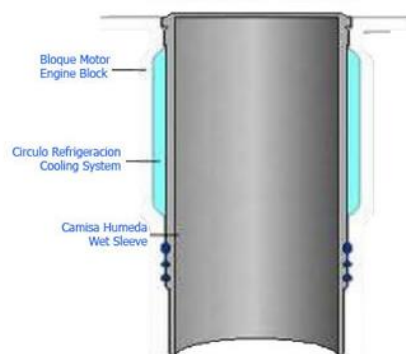
Fuente: (Prestone, 2017)

#### 2.2.8.6 *Camisas de refrigeración*

Las camisas de refrigeración permiten que líquido refrigerante circule por la carcasa del motor. Éste absorbe el exceso de calor mediante convección forzada, garantizando un enfriamiento suficiente.

El bloque y la culata de cilindros tienen camisas de agua, que son un conducto que rodea los cilindros y dentro de la culata para conducir el líquido refrigerante.

Las camisas de agua son parte integral de fundición en el bloque y la culata. Debido a que los asientos y guías de válvulas necesitan enfriamiento, la culata incluye camisas de agua que dejan llegar el líquido a esas zonas.

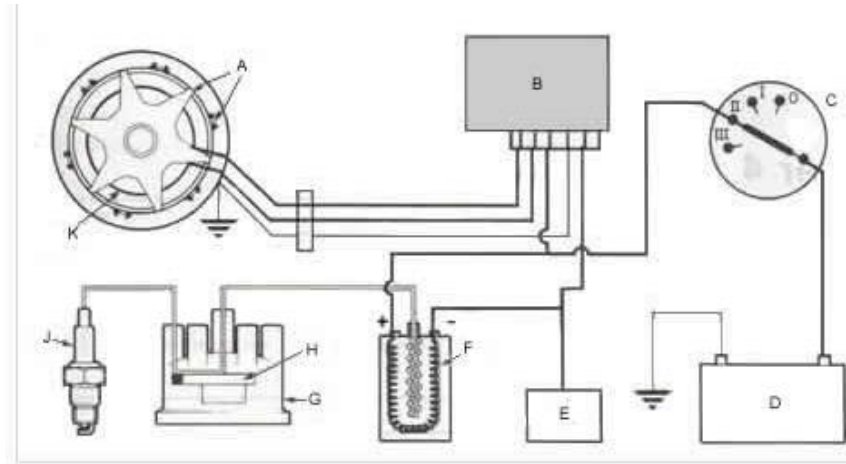


**Figura 15-2.** Camisas húmedas

Fuente: (maosys, 2015)

### 2.2.9 Sistema de encendido

Al contar con la mezcla, en el cilindro debe existir una chispa de buena calidad para que se pueda realizar la explosión dentro del cilindro y así poder completar el ciclo de funcionamiento en un motor de cuatro tiempos. Para que esto suceda debemos contar un sistema de encendido con el cual está dispuesto nuestro motor, el cual consta de: bobina, distribuidor, cables de bujías y bujías.



**Figura 16-2.** Sistema de encendido convencional

**Fuente:** (Dani meganeboy, 2014)

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

#### 3.1 Cambio de camisas de refrigeración

La rectificadora que va a realizar el cambio de las camisas en condiciones estándar por camisas (sleeves) de competencia patento el procedimiento que se realiza con el bloque de motor por ser la única rectificadora en el país que hasta el momento está realizando dichos trabajos. Cada uno de los trabajos destinados a rectificadora se realiza en la Rectificadora “SALINAS”.

##### 3.1.1 Procedimiento

Son removidas las camisas de refrigeración del interior del bloque de motor mediante una fresadora dejándolo completamente vacío.

En el proceso que se realiza la eliminación de las camisas de refrigeración se debe realizar con mucha precisión por el operador de la fresadora.

Al momento que se encuentra vaciado el bloque de motor se procede a la instalación de unas paredes de acero donde se alojarán las camisas (sleeves) de competencia, las cuales son ensambladas a presión de tal manera que las tres camisas forman un solo conjunto.

Las camisas, al encontrarse ensambladas a presión se conoce que, si en algún momento sufre un daño o simplemente se va a sustituir, se deben cambiar las tres, sabiendo que para poder desmontar una sufrirán daños las otras camisas.



**Figura 17-3.** Proceso de cambio de camisas

**Fuente:** Autor



**Figura 18-3.** Proceso de cambio de camisas

**Fuente:** Autor



**Figura 19-3.** Proceso de cambio de camisas

**Fuente:** Autor

Al momento que se encuentran instaladas las camisas (*Sleeves*) en el block se hace el mismo procedimiento que se realiza al momento de rectificación de un block en condiciones estándar.

Las operaciones de rectificado en el bloque motor, se realizan en los cilindros y en la en la cara del bloque que se une a la culata.

Las nuevas camisas son montadas en prensas especiales. Después de realizado el encamisado es necesario un rectificado o esmerilado de los cilindros hasta llegar a la medida requerida. Con ello se consigue eliminar las posibles deformaciones que se hayan producido en la operación de montaje.

Al ya encontrarse instaladas las nuevas camisas se realiza las perforaciones en el bloque, por donde va a circular el líquido refrigerante que al acoplarse con el cabezote deberán acoplar perfectamente. Primero vamos marcando cada uno de estos orificios en el lugar exacto, tomando como patrón la junta del cabezote donde se aprecia con claridad y precisión el lugar donde se va a realizar la perforación y no causar ningún daño al bloque o hacer perforaciones innecesarias. Para esta operación se utiliza un taladro de pie seleccionado para trabajar a bajas revoluciones y con una broca de menor diámetro de los orificios, al haber realizado todos orificios, seguidamente se perfora con una broca del diámetro requerido.

Se inicia con el rectificado de las camisas. Esta operación se realiza con una máquina-herramienta que tiene un eje giratorio provisto de una cabeza con un material abrasivo que se introduce en el cilindro perfectamente centrado. Durante esta operación la cabeza gira y al mismo tiempo que se mueve de arriba a abajo. El material abrasivo, extensible a voluntad para adaptarse al diámetro del cilindro, produce el arrancamiento de material en una acción de esmerilado. Posteriormente es sustituida la cabeza por otra de grano mucho más fino para pulir la superficie esmerilada. Cuando el material a eliminar supera un espesor de 0,15 mm de diámetro, se procede a la operación de rectificado, la cual se realiza en máquinas similares a la descrita, en las que el material abrasivo del cabezal es sustituido por unas cuchillas y las revoluciones de funcionamiento aumentan considerablemente. Normalmente en el rectificado se deja 0,04 mm de material, para poder después hacer la operación de esmerilado y así dar un acabado fino a las paredes del cilindro. Al tener ya casi terminado se procede a bruñir cada una de las camisas para dar un mejor acabado y que se una superficie uniforme y alcanzando que tenga un contacto uniforme con los anillos del pistón.

Al ya tener listo el cilindro con las nuevas camisas se procede al acabado en la parte superior de las camisas, se realiza un chaflán para que el pistón pueda cumplir su función sin ningún problema y alcanzar el PMS. Al no contar con este chaflán, el pistón podrá atascarse sufriendo daños muy comprometedores en el motor.

Después de realizar todas estas operaciones en la rectificadora se realiza una comprobación manualmente introduciendo los pistones y acoplando al cigüeñal para girarlos y saber que están funcionando perfectamente y observar que los tres pistones llegan al PMS sin ningún problema y que los tres pistones trabajen uniformemente.

Es importante que la rectificadora realice todo este tipo de trabajo para y poder trabajar sin ningún inconveniente.

### **3.1.2 Trucaje de cabezote**

#### **3.1.2.1 Modificación sistema de distribución**

Al realizar cambio con los componentes de sistema de distribución se debe tener conocimiento de su funcionamiento para ponerlos a trabajar con su calibración óptima y así poder sacar el máximo provecho a cada una de las modificaciones.

##### **3.1.2.1.1 Cambio de polea de Eje de levas**

Cuando el motor este ensamblado en su totalidad y sincronizado con la polea original del vehículo realizamos el cambio por una polea que podamos sincronizar el árbol de levas modificado. La polea de competencia nos permitirá sincronizar, modificar los ángulos de AAA Y RCE. Estas calibraciones se realizan en vehículos de competencia que tengan cambiado el árbol de levas para que su funcionamiento sea el óptimo.

La polea regulable que se utiliza fue adquirida en un distribuidor especializado en la construcción de partes de competencia para motores Suzuki. La polea debe tener una sincronización exacta para poder alcanzar su máximo rendimiento y se optó por adquirir una polea ya comprobada y garantizando en su trabajo.



**Figura 20-3.** Polea eje de levas (regulable)

**Fuente:** Autor

##### **3.1.2.2 Ensanchamiento de los Conductos de las Válvulas**

Visto el interés que presenta el aumentar el diámetro de las válvulas, inicialmente se procede a aumentar las secciones de los conductos que unen a estas, con los medios de alimentación y evaluación de los cilindros, pues si no se realiza esta operación no tendría objeto el cambio de válvulas en las recién mejoradas cámaras de combustión.

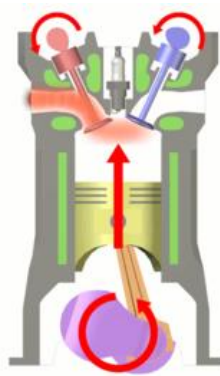
De inicio procederemos en desmontar de la culata los asientos y guías de válvula. Con la culata desmontada de estos elementos, procedemos al ensanchamiento de los conductos y cavidades de las válvulas.

Para tener una mejor respiración de los cilindros es preciso aumentar la sección de estos conductos, pero no sobredimensionándolos por igual en toda su longitud, sino proporcionándoles cierta comicidad dentro hacia fuera con lo que se logra aumentar sensiblemente las velocidades de entrada y salida de los gases en los cilindros. (*Conductos de admisión y escape*).

### 3.1.2.3 Toberas de Admisión

Los diámetros de las toberas están directamente relacionados con el diámetro de los asientos de válvulas. Para empezar con la modificación se debe conocer su funcionamiento y su tolerancia máxima para la modificación que se vaya a realizar.

Las toberas están constituidas por varias secciones, si se modifica a profundidad los diámetros vamos a tener pérdidas por generar turbulencias en su interior lo cual afectará considerablemente en el rendimiento y puesta a punto en nuestro motor, por esa razón la sección que se va a modificar sería la inicial, de la cual tenemos un fácil acceso, misma que se encuentra en contacto con el múltiple de admisión



**Figura 21-3.** Disposición de la válvula en la tobera de admisión

**Fuente:** (grupo de mecatronica, 2010)

Cuando se empieza con la modificación, se conoce que el cabezote de un motor fue construido y mecanizado por una máquina y que ciertos lugares como las toberas no tienen un acabado superficial óptimo.

#### 3.1.2.3.1 Proceso de mecanizado

Para empezar el mecanizado lo primero que se realiza es tomar medidas del múltiple de escape y el de las toberas para poder tener medidas iguales, en el motor tiene una medida de 43 mm de diámetro en el múltiple y las toberas es de 41 mm, pues se sabe que al tener estas medidas se empieza con el mecanizado en las toberas para alcanzar medidas iguales y no exista choque en



las paredes de las toberas y la mezcla pueda ingresar más rápido, sin turbulencias hacia el interior del cabezote.

1. Con la ayuda de un taladro recto para poder manipular con precisión, por ser más liviano y por su estructura. Es muy importante utilizar las fresas de pulido y desbaste adecuadas para que los acabados sean uniformes y totalmente lisos.



**Figura 22-3.** Taladro lineal

**Fuente:** (nepsa, 2017)

2. Con la ayuda de un cepillo limpiamos la tobera y retiramos rastros de carbón que se acumulan por el mismo funcionamiento del motor.



**Figura 23-3.** Cepillo para taladro

**Fuente:** (Pemco Herramientas y equipos, 2017)

3. Marcando los límites hasta la medida deseada de las toberas, para esto nos ayudamos con un marcador permanente o un marcador industrial.



**Figura 24-3.** Marcador industrial

**Fuente:** (Sakura, 2017)

4. Se empieza a desbastar con la utilización de una fresa para el taladro, llegando casi hasta el límite de nuestras marcas para poder tener espesor suficiente para realizar un acabado superficial adecuado.
5. Después de haber desbastado la superficie queda con muchas rugosidades y se elimina esto con una piedra abrasiva, tratando de no eliminar más material para no afectar los cálculos y medidas ya establecidas.
6. También vamos a realizar cambios en los asientos, guías de válvulas y que vaya en armonía con el diámetro de las válvulas que se van a utilizar. Es importante modificar los asientos y tener un acabado casi perfecto por esta razón se realizará un pulido con una herramienta con punta de diamante y eliminar por completo imperfecciones y prácticamente la superficie sea completamente lisa, con un acabado superficial único para estos lugares.
7. Se realiza el acabado superficial en las toberas utilizando una piedra de pulir y un lubricante propio para obtener un acabado tipo espejo de esta manera la mezcla de aire combustible ingresará más rápido hacia el interior de la cámara de combustión.
8. Al realizar todo el proceso tenemos que revisar que se llegó al diámetro deseado comprobando con las marcas patrón. Para mejorar el acabado realizamos un acabado manual ayudándonos con lija para pulir materiales duros.

#### *3.1.2.4 Toberas de escape*

Si bien es cierto que las toberas de escape deben ir en armonía con el múltiple de escape y sus diámetros deben ser casi exactos. Al no concordar las medidas se puede generar turbulencias con los gases de escape y de igual manera la junta de escape también debe tener la misma medida.

Los gases de escape salen con mucha facilidad y a grandes velocidades y por esa razón no se realiza modificaciones muy considerables más bien se va a corregir imperfecciones y errores que se cometen al momento de repotenciar un motor.



**Figura 25-3.** Toberas de escape

**Fuente:** Autor

#### 3.1.2.4.1 Proceso de mecanizado

1. Se realizará la medición de los diámetros de las toberas de escape en el cabezote y los diámetros de los conductos en el múltiple de escape. Con un bosquejo marcamos el nuevo diámetro. Si bien es cierto no debemos agrandar mucho como lo hicimos con las toberas de admisión.
2. Se procede a realizar una limpieza y pulido de las toberas eliminando imperfecciones que al momento de construcción (fundición) del cabezote se alojan en estos conductos. Siendo de mucha importancia que no exista nada para que detenga o force la salida de gases hacia el exterior.
3. Con la ayuda de un taladro recto utilizando un cepillo de bronce se ejecuta la limpieza de cada una de las toberas, eliminando residuos de gases de escape para poder observar de mejor manera las impresiones de las toberas
4. Con una piedra de desbaste se empieza a eliminar material para llegar al diámetro deseado, no debemos llegar hasta el límite de la medida. También debemos eliminar la imperfección e irregularidades que encontremos en cada una de estas superficies.
5. Es muy importante en este proceso el contar con un acabado superficial óptimo. Por esa razón al encontrarnos con la superficie desbastada en el siguiente proceso, instalamos una piedra de pulido en el taladro y con la ayuda de un lubricante que facilita el proceso

empezamos a realizar el pulido, teniendo muy en claro que el proceso no debe sobrepasar las medidas que inicialmente marcamos como límite.

6. Al ya estar con las toberas pulidas y con un acabado superficial deseado, se ejecuta un pulido a las zonas, lugares donde el taladro no puede llegar y lo hacemos manualmente con la ayuda de lijas de pulir tratando de igual las dos zonas y tratando de llegar al diámetro deseado.
7. Al ya tener las superficies totalmente terminadas comprobamos si están dentro del diámetro requerido, comparando con las marcas iniciales.
8. Para ya finalizar con este proceso se modifica la junta de escape con los nuevos diámetros de las toberas para poder tener un buen acople entre el múltiple de escape y el cabezote así eliminando cualquier clase de fugas de gases de escape.

#### 3.1.2.5 Válvulas y muelles

##### 3.1.2.5.1 Válvulas

Al ser el ingreso directo de la mezcla (*aire-combustible*), al interior del motor es importante la modificación de las válvulas.

Las válvulas originales serán remplazadas por válvulas de un motor **G13** que corresponde a un vehículo **vitara**. De la misma marca **SUZUKI** son las válvulas similares en su estructura, pero más grandes y que se pueden instalar en este cabezote sin ninguna complicación.



**Figura 26-3. Válvula**

**Fuente:** Autor

#### 3.1.2.5.2 Muelles

Si bien es cierto que el funcionamiento de las válvulas está ligado directamente con los muelles, entonces se debe contar con los apropiados para que la válvula tenga su apertura cierre adecuado. En el motor que se está repotenciando se va a sustituir el árbol de levas original por uno de competencia en el cual las levas son más altas que las originales y esa es la razón por la cual se incorporan muelles adicionales que van instalados en el interior de los muelles originales para que la apertura y cierre de las válvulas sea correcta.



**Figura 27-3.** Muelle primario y secundario

**Fuente:** Autor

#### 3.1.2.6 Pulido y afinación de la cámara de combustión

Se conoce que una de los problemas tanto en motores estándar y más aún en motores de competencia; es la formación de puntos calientes que se forman en la cama de combustión por no tener una superficie completamente lisa, por acumulación de carbón producto de la combustión misma, por bordes afilados y de esta manera eliminar por completo el auto encendido de la mezcla.

Para lograr un pulido uniforme en la cámara de combustión vamos empezar limpiando toda la superficie con la ayuda cepillos de acero para taladro. Debemos utilizar el cepillo adecuado y las revoluciones adecuados.

Seguidamente se empieza a pulir con lijas **150/180** y con un lubricante que nos ayude para un acabado uniforme. Estas lijas son un poco gruesas para eliminar las imperfecciones que dejo el cepillo.

Al ya haber realizado el afinado de la superficie se empieza con el pulido de la superficie, pero con unas lijas más finas **220/280/360** que nos ayudará con un acabado superficial adecuado para este tipo de superficie. Es importante ayudarnos con un lubricante para pulido de superficies para que no exista ningún tipo de recalentamiento y sufra daños la superficie.

### **3.1.3    *Ensamblaje de Cabezote***

Al ya contar con todas las partes en perfecto estado las cuales conforman el cabezote, iniciando con el ensamble cada una de ellas y así tener un cabezote con un desempeño óptimo.

Es importante tener una buena lubricación al momento del armado y utilizar productos que ayuden cuando el motor ya esté en funcionamiento. Se recomienda que al momento de ensamblar se utilice aditivos de aceite para motores de competencia para que estos cumplan su propósito y que el motor cuente con una película protectora de importancia al momento de una competencia.

#### **3.1.3.1    *Junta de cabezote***

El motor está totalmente modificado y la junta para motores estándar no se ajusta normalmente. Por esa razón debemos hacer una junta sobre medida y exclusivamente para el motor repotenciado el cual está reforzado por ser un motor de alta compresión, también están reforzados con láminas de cobre en las uniones de los cilindros.

Los anillos de los cilindros en las juntas originales que se encuentran en el mercado local son de medida de 74 mm y máximo que se comercializa son de 75 mm. Pero en nuestro caso la medida es de 78,5 mm.

Al fabricar una junta a medida se debe tener mucho cuidado al no descartar ningún conducto que las juntas originales constan, por esa razón al ya tener la junta para el motor se debemos comprobar que no haya obviado y este en el lugar que corresponde cada conducto, siendo estos conductos de refrigeración y de lubricación.

Al ya haber comprobado que la junta se encuentre en condiciones óptimas para ensamblar se realiza un recubrimiento con un producto que ayuda para que la junta soporte temperaturas mayores a 260 °C. Es un producto a base de cobre que ayuda a eliminar puntos calientes y también para un sellado óptimo entre el cabezote y el bloque de cilindros. Para la utilización de este producto primero se debe leer las instrucciones por ser un producto muy fuerte y puede causar daños a la salud.



**Figura 31-3.** Junta original

Fuente: Autor



**Figura 28-3.** Junta a medida

Fuente: Autor

### **3.1.4** *Modificación sistema de alimentación de combustible*

El motor Suzuki g10 en el cual se ha realizado la repotenciación está equipado con un carburador de flujo descendente, alimentado con una bomba mecánica que se acciona con el giro del árbol de levas. La modificación en el sistema de alimentación principalmente será el sustituir el carburador original por carburadores independientes.

El carburador original tiene restricciones para no producir contaminaciones y el consumo de combustible sea bajo, siendo que este vehículo con motor Suzuki g10 fue muy comercializado en la década de los 90 por ser un vehículo de bajo consumo de combustible y buenas prestaciones.

Un vehículo comercializado por bajo consumo de combustible no va a servirnos para una competencia y por esa razón se ha sustituido el carburador estándar por un juego de carburadores independientes, carburadores utilizados en motocicletas.



**Figura 29-3.** Carburadores de motocicleta

Fuente: Autor

### 3.1.5 Mejoras en el sistema de encendido

Al ya tener claro el funcionamiento del sistema de encendido convencional y el funcionamiento del motor, se puede determinar claramente que entre mejor sea el quemado de la mezcla en el interior de la cámara de combustión mejor será el rendimiento de nuestro motor.

Hoy en día hay varios tipos de bobinas, de forma y voltajes. Existen bobinas que superan los 45,000 voltios generando una chispa más larga, la cual ayuda a quemar con facilidad y rapidez la mezcla con la que se va utilizar. Una ventaja importante es el correcto funcionamiento en altas revoluciones. Para lo cual instalamos una bobina Blaster 2 de marca MSD. La misma que cuentan con las siguientes especificaciones

**Tabla 5-3:** Especificaciones Blaster 2

Relación de vueltas	100:1
Resistencia primaria	.7ohms
Resistencia secundaria	4.5 ohms / PN 8200 / 10K
Inductancia	8 mH
Voltaje máximo	45,000 V.
Pico de corriente	140 Ma
Duración de chispa	350 $\mu$ S

Fuente: Autor



**Figura 30-3:** Bobina de encendido MSD

Fuente: Autor



#### 3.1.5.1 Cable de Bujías

Un cable de bujía con un diámetro superior al original ayudará a entregar un suministro de corriente mayor y con más rapidez (*amperaje*), por esa razón utilizaremos cables de un diámetro de 8,8mm que ayudará a soportar altas temperaturas sin alterar su funcionamiento. Los cuales se ensamblaron especialmente para este motor **G10**, puesto que no se comercializan este tipo de cables para nuestro motor.



**Figura 31-3.** Cables de bujía de competencia accel

Fuente: Autor

#### 3.1.5.2 Bujías de Encendido

Al contar con bobina y cable de alto rendimiento se debe seleccionar la bujía que mejor se ajuste a nuestras exigencias tanto en resistencias como en su grado térmico. Se utilizaron bujías de **IRIDIUM** por tener una vida útil más prolongada que las utilizadas normalmente. Estas bujías soportan el voltaje que genera la bobina previamente instalada y de esta manera generan una chispa de calidad y tener un alto desempeño.



**Figura 36-3.** Bujías de encendido de Iridium

Fuente: Autor

### 3.1.6 Modificación Sistema de Refrigeración

En el sistema de refrigeración es muy probable que se empiece a tener sobre recalentamiento al momento de puesta a punto del motor por ser un motor de alta compresión y su trabajo normal son con revoluciones mucho más altas que las de un motor en condiciones estándar. Por esa razón debemos modificar y optimizar el sistema de refrigeración. Para eso se realizó el cambio de radiador original por uno más grande con el cual vamos a contar con mayor cantidad de líquido refrigerante, siendo más fácil la circulación y el intercambio de líquido refrigerante caliente con uno frío obteniendo un funcionamiento del motor en óptimas condiciones.



**Figura 37-3.** Radiador original

Fuente: Autor



**Figura 38-3.** Radiador para motor repotenciado

Fuente: Autor

## 3.2 Características del Equipo Experimental

Las características del motor estándar fueron extraídas desde el manual de taller, específico del motor *SUZUKI G10*, el mismo que se tomó para el trabajo experimental.

### 3.2.1 Características Motor Estándar

En la tabla a continuación podemos ver las especificaciones del motor en condiciones estándar y condiciones ideales, como el auto salió de fábrica.

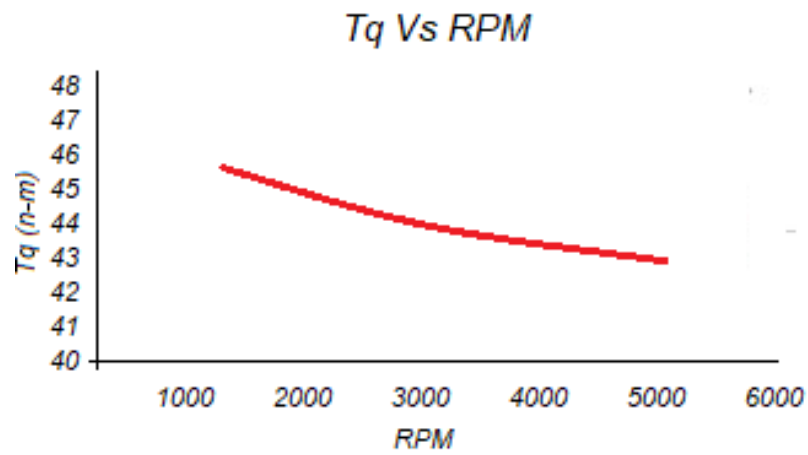
**Tabla 6-3:** Datos motor estándar

TIPO	SOCH 3 cilindros en línea/ 4 tiempos
CILINDRADA	993 cc (61 in.cu)
DIAMETRO X CARRERA	74 x 77 (mm) / 2.91 x 3.03 (in)
RELACION DE COMPRESION	9.5:1
POTENCIA	48 HP @ 5100 rpm

TORQUE	<b>57 lb-ft @ 3200 rpm</b>
VELOCIDAD	<b>VARIABLE</b>
VOLUMEN DE PRUEBA	<b>50 cm<sup>3</sup></b>
CAJA DE AIRE (BANCO)	<b>INSTALADA</b>
TEMPERATURA AMBIENTE	<b>24 °C</b>
TIPO DE COMBUSTIBLE	<b>GASOLINA SUPER CORRIENTE</b>
CABEZOTE	<b>DIAMETRO CILINDRO: 74,50 mm (+0,50 mm)</b>
BLOQUE (3/4)	<b>RELACION DE COMPRESION: 8,5:1</b>
SIST. ESCAPE	<b>ESTANDAR</b>
TIPO DE CARBURADOR	<b>ESTANDAR (AISIN)</b>
SHYGLOR BAJAS	<b>100</b>
SHYGLOR ALTAS	<b>120</b>
BUJIAS	<b>NGK BKR5E</b>
CALIBRACION DE BUJIAS	<b>0,7 mm</b>
CABLES DE BUJIAS	<b>STD</b>
TIPO DE BOBINA	<b>ESTANDAR (BOSCH 28.000 V)</b>
CALIBRACION VALVULA DE ADMISION	<b>0,25 mm (0,010")</b>
CALIBRACION VALVULA DE ESCAPE	<b>0,30 mm (0,0012")</b>
COMPRESION CILINDROS (1-2-3) PSI	<b>135/125/125</b>
ANGULO DE AVANCE AL ENCENDIDO	<b>8 GRADOS</b>
TIPO DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	<b>POR GRAVEDAD</b>
EMPAQUE CABEZOTE	<b>ESTANDAR 230 / 0,216"</b>
VOLUMEN CAMARA DE COMBUSTION	<b>39,4 cc</b>
EJE DE LEVAS	<b>ESTANDAR</b>
CILINDRADA TOTAL	<b>1007 cc</b>

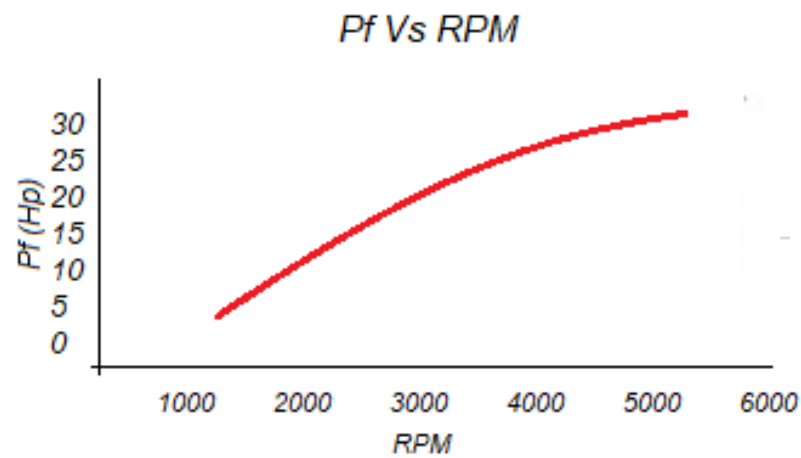
**Fuente:** Autor

### 3.3 Curvas de Desempeño del Motor de Serie



**Figura 32-3.** Gráfico curvas de desempeño

Fuente: Autor



**Figura 33-3.** Gráfico Curvas de desempeño

Fuente: Autor

### 3.4 Variable dependiente e independiente

#### 3.4.1 Variable independiente

En el motor que se utilizó para ser repotenciado los principales parámetros que se va a modificar son:

- Cilindrada

- Potencia
- Torque

Al cambiar los parámetros que se mencionó, ayudando a tener un motor de competencias más potente pero sin llegar a los límites de modificación para así poder realizar futuras reparaciones si es necesario.

### 3.4.2 *Variable Dependiente*

En el motor que se repotenció, se logró alcanzar un nivel repotenciación satisfactorio para el momento de una competencia, tener un nivel de competitividad para autos del mismo cilindraje inclusive autos de mayor cilindrada, con modificaciones más costosas y más radicales que nuestro vehículo.

## 3.5 Tipos y Características de Pruebas Experimentales

Con el motor que se utilizó para este trabajo experimental se realizó pruebas antes y después de realizar las modificaciones y determinar si existió mejoras en su rendimiento y poder realizar una relación directa entre los dos. Por ello se realizó pruebas en carretera, dinamómetro y en competencia.

### 3.5.1 *Pruebas en carretera*

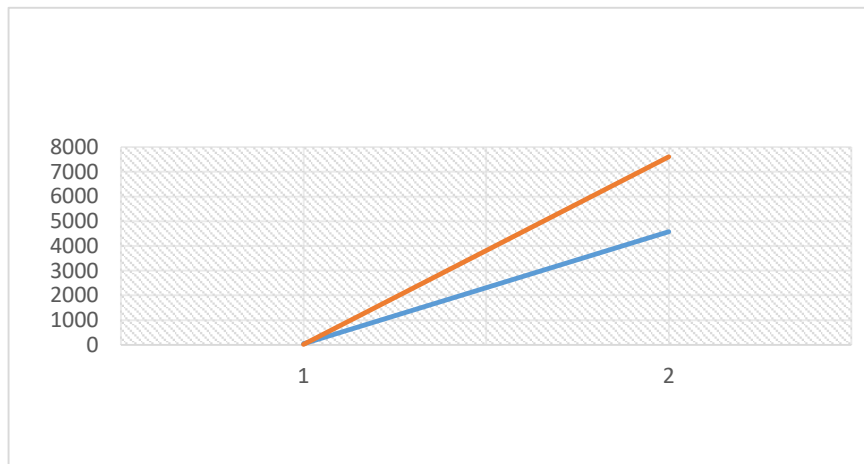
En el vehículo una vez concluidas las diferentes modificaciones, se realizan las respectivas pruebas en carretera y de esta manera se pueden determinar los cambios que ha experimentado, incrementando la potencia, torque y velocidad final.

Para lo cual se tomó de referencia una velocidad final de *100 Km/h* y poder saber cuánto se demora en llegar a esa velocidad, cuantas revoluciones son necesarias.

**Tabla 7-3:** Tiempo vs velocidad

MOTOR	0-100 Km/h	RPM
Estándar	38.7 s	4 580
Repotenciado	14 s	7 600

Fuente: Autor



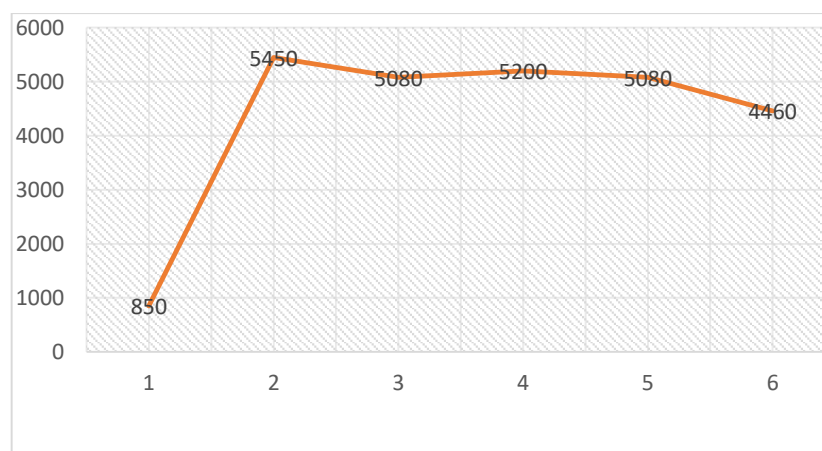
**Figura 34-3.** Gráfico Motor estándar vs repotenciado

Fuente: Autor

**Tabla 8-3:** RPM máxima - motor usado

Marcha	RPM máximo	Velocidad (Km/h)
Primera	5450	30
Segunda	5080	55
Tercera	5200	85
Cuarta	5080	115
Quinta	4460	120
Ralentí	850	0

Fuente: Autor



**Figura 42-3.** Gráfico RPM máx VS Velocidad (motor usado)

Fuente: Autor

**Tabla 6-3:** RPM máxima VS Velocidad (motor repotenciado)

Marcha	RPM máximo	Velocidad (Km/h)
Primera	7930	60
Segunda	7560	100
Tercera	6940	140
Cuarta	6200	165
Quinta	5580	175

Fuente: Autor

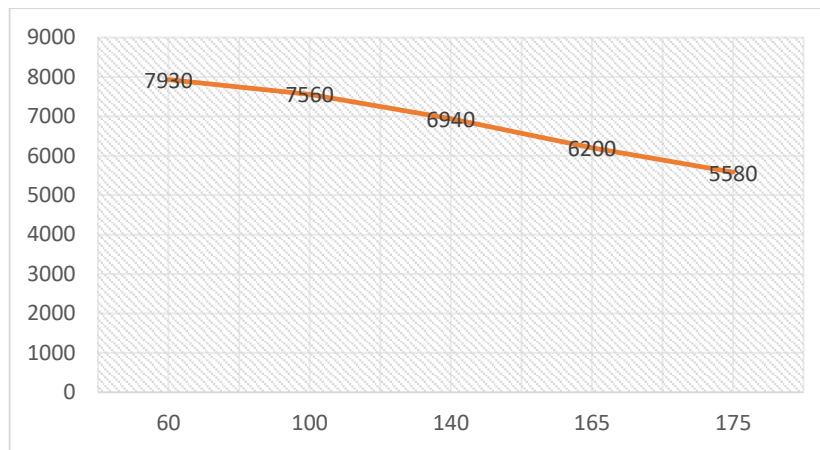


Figura 43-3. Gráfico RPM máxima VS Velocidad (motor repotenciado)

Fuente: Autor

### 3.5.2 Pruebas de temperatura

Cuando un vehículo es repotenciado, incrementa su cilindrada y por ende su rendimiento, torque y potencia. Con el motor utilizado se debe ser cuidadoso para que la temperatura de funcionamiento normal no se incremente, evitando cualquier tipo de sobre calentamiento y así su rendimiento sea óptimo e ideal.

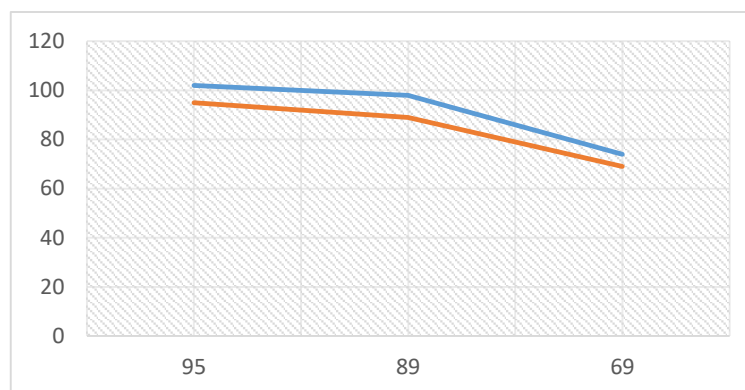
En el vehículo se colocó un ventilador adicional para tener un área más extensa a ser enfriado y no tener ninguna clase de sobrecalentamiento en competencia.

A continuación, detallamos las diferentes pruebas que se realizaron.

**Tabla 7-3:** Prueba de temperatura

Motor repotenciado	Temperatura 1	Temperatura 2
Sin ventilador	102	95
Con ventilador	98	89
Con 2 ventiladores	74	69

Fuente: Autor



**Figura 44-3.** Gráfico Prueba de temperatura

Fuente: Autor

### 3.5.3 Pruebas en dinamómetro

La prueba más relevante para un motor repotenciado será cuando los datos obtenidos desde un dinamómetro, pudiendo conocer valores sobre potencia, torque medir la cantidad de caballos de fuerza y torque del motor. Se obtendrá curvas de desarrollo y números reales.

Se detalla el procedimiento para poder realizar las pruebas realizadas en el dinamómetro, para cual se utilizó el banco en la ciudad de Quito de propiedad privada.

- Una vez situado el vehículo en los rodillos, se sujeta en la parte posterior a una base fija, tanto hacia la parte posterior y como para los lados y evitar que el vehículo
- Se instaló un ventilador en la parte frontal del vehículo para simular el choque de aire cuando el vehículo está en circulación y así evitar recalentamientos
- Se retira el medidor de aceite e instalamos una sonda para poder medir la temperatura de aceite, datos necesarios para el funcionamiento del software del dinamómetro.
- Se ingresa al software del dinámetro y se selecciona los parámetros para empezar con las pruebas



- Se enciende el vehículo y empezamos a girar el motor en segunda marcha para que su desplazamiento sea el adecuado, seguidamente pasamos a cuarta marcha y aceleramos hasta alcanzar los 100 km/h
- Al cumplir con estos requisitos se hace los disparos desde el software y se obtiene las curvas y parámetros deseados.

### 3.5.4 Curvas de motor antes de ser repotenciado



**Figura 45-3.** Gráfico curvas motor original

Fuente: Autor

Para que los datos obtenidos sean casi reales, debemos utilizar un factor de corrección, el cual viene establecido por el fabricante del dinamómetro y así justificar las pérdidas que se generan por temperatura ambiente y altitud. Para lo cual aplicamos la siguiente formula.

$$P_n = p\text{-mot} \times \text{factor-corrección}$$

*Ecuación 1 - Factor de corrección dinamómetro*

$$P_n = 17.8 \times 1.01495 = 18.06611 = \underline{\underline{18.1 \text{ kW}}}$$

### 3.6 Recolección, organización y procesamiento de datos

Los valores que se recolectaron hasta el momento son los que se obtuvieron antes de que el motor sea repotenciación.

**Tabla 8-3:** Motor estándar

<b>TIPO</b>	<b>SOCH 3 cilindros en línea/ cuatro tiempos</b>
CILINDRADA	<b>993 cc (61 in.cu)</b>
DIAMETRO X CARRERA	<b>74 x 77 (mm) / 2.91 x 3.03 (in)</b>
RELACION DE	<b>9.5:1</b>
POTENCIA	<b>48 HP @ 5100 rpm</b>
TORQUE	<b>57 lb-ft @ 3200 rpm</b>
CARBURADOR	<b>AISAN descendente, doble cuerpo</b>
TIPO DE COMBUSTIBLE	<b>Gasolina extra 82 Octanos</b>
SISTEMA DE ESCAPE	<b>Simple</b>
BUJIAS	<b>NGK BPR6ES</b>
CAMPO DE	<b>800 – 5700 rpm</b>

Fuente: Estándar

### **3.7 Modelación matemática de la experimentación (diseño experimental)**

#### **3.7.1 Diseño del radiador**

Al momento de realizar las modificaciones en el motor que se seleccionó para el trabajo experimental, se pudo observar que la temperatura de funcionamiento normal subió considerablemente sin estar en competencia, por lo cual se sustituyó el radiador original por uno de dimensiones superiores y así bajar la temperatura a un rango menor para que en el momento de una competencia no sufra recalentamientos. Para que el radiador nuevo tenga las medidas y caudal necesario se realizó los siguientes cálculos.

##### **3.7.1.1 Temperatura del agua de refrigeración**

El líquido refrigerante es encargado de intercambiar la temperatura del motor y del radiador. El mismo que circula por estos componentes gracias a una bomba de agua, forzando su movimiento.

El líquido refrigerante que se ha utilizado para realizar los cálculos será AGUA:

- Temperatura de Entrada del Agua al Radiador ( $T_1$ ) = 95 °C
- $T_2$  temperatura para diseño.

La temperatura de entrada son datos obtenidos por tablas, correspondientes a las propiedades físicas del agua.

- Calor Específico ( $C_p$ ) = 4204 J / Kg °C
- Densidad ( $\delta$ ) = 963.2 Kg / m<sup>3</sup>
- Viscosidad Dinámica ( $\mu$ ) = 3.06 x 10<sup>-4</sup> Kg / ms
- Conductividad Térmica (K) = 0.678 W / m °C
- Numero de Prant (Pr) = 1.90 2.2.

### 3.7.1.2 Temperatura del aire de refrigeración

- Temperatura de Entrada del Agua al Radiador ( $T_r$ ) = 18 °C
- Temperatura de Salida del Agua al Radiador ( $T_{r1}$ ) = 35.8 °C

La temperatura de salida del agua es el valor de refrigeración del ventilador. Medido con el ANEMOMETRO y este valor es de 35,8 °C.

La temperatura de las paredes sólidas ( $T_S$ ) que lo tomamos un valor como referencia para realizar el proceso de calculo que es de 30°C.

$$T_{fair} = \frac{T_S + \frac{T_1 + T_2}{2}}{2}$$

*Ecuación 2 -  $T_{fair}$*

$$T_{fair} = \frac{30 + \frac{18 + 35,8}{2}}{2}$$

$$\underline{\underline{T_{fair} = 28,45}}$$

De igual manera con la utilización de las propiedades del aire procedemos a encontrar los valores o propiedades físicas del aire de refrigeración.

- Calor Específico ( $C_p$ ) = 1005.7 J / Kg °C
- Densidad ( $\delta$ ) = 1.1774 Kg / m<sup>3</sup>
- Viscosidad Dinámica ( $\mu$ ) = 1.8462 x 10<sup>-5</sup> Kg / ms
- Viscosidad Cinemática ( $\nu$ ) = 15.69 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup> / s

- Conductividad Térmica (K) = 0.02624 W / m °C
- Numero de Prant (Pr) = 0.708

### 3.7.1.3 Cálculo del flujo de aire de refrigeración

La energía perdida por el flujo caliente, es igual a la energía absorbida por el fluido frío considerando los balances de energía de los intercambiadores de calor se tiene la ecuación:

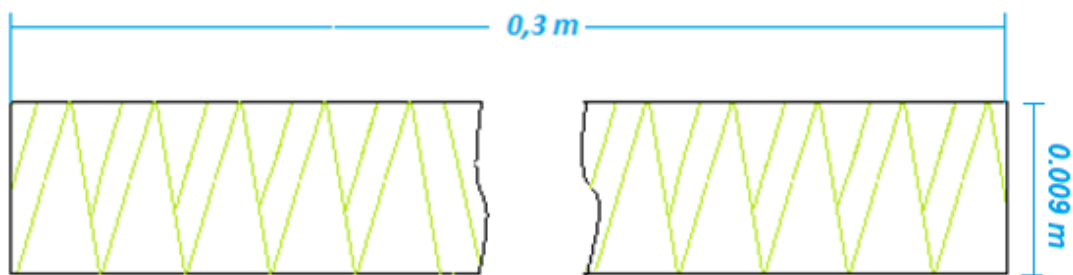
$$q = ma * Cpa(Ta - Ta1)$$

*Ecuación 3 - Aire de refrigeración*

$$q = mr * Cpr(Tr1 - Tr)$$

*Ecuación 4 - Aire de refrigeración*

#### 3.7.1.3.1 Cálculo del Área 1



**Figura 46-3.** Área de radiador

**Fuente:** Autor

**Donde:**

L = Longitud del radiador (0,7 m)

H = Altura de las aletas (0.009 m)

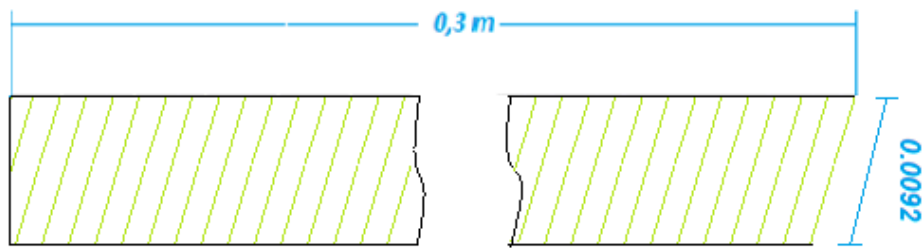
$$A1 = L * H$$

*Ecuación 5 - Área 1*

$$A1 = 0,7 * 0,009$$

$$\underline{\underline{A1 = 6,3 \times 10^{-3} m^2}}$$

**Detalle F**



**Figura 47-3. Área de Calculo**

**Fuente:** Autor

$Z = \#$  de Triángulos (aleta) por metro = (200)

$X =$  Inclinación del triángulo de la aleta =  $9.17 \times 10^{-3}$

$e =$  Espesor de la aleta

Para el cálculo del área total se debe tener en cuenta el número total de placas o aletas existentes en todo el radiador que es:  **$N_a = 25$**

$$A_2 = Z * X * e$$

*Ecuación 6 - Área 2*

$$A_2 = 200 (9,17 \times 10^{-3} * 2,5 \times 10^{-4})$$

$$\underline{\underline{A_2 = 4,585 \times 10^{-4} \text{ m}^2}}$$

$$A_t = (A_1 - A_2) * N_a$$

*Ecuación 7 - Área Total*

$$A_t = 6,3 * 10^{-3} - 4,585 * 10^{-4}$$

$$A_t = 5,8415 * 10^{-3} * 25$$

$$\underline{\underline{A_t = 0,14604 \text{ m}^2}}$$

$$m_r = V * \delta * A_t$$

*Ecuación 8 - Flujo másico de aire*

$$m_r = 6,1 * 1,1774 * 0,14604$$

$$\underline{\underline{m_r = 1,04886 \text{ Kg/s}}}$$

**De donde:**

**V** = Velocidad del aire de refrigeración del ventilador que es de (6.1 m/s)

**δ** = Densidad del aire de refrigeración

**mr** = Flujo másico del aire de refrigeración

$$q = mr * Cp * (Tr1 - Tr)$$

*Ecuación 9 - Aire de refrigeración*

$$q = 1,04886 * 1005,7 * (35,8 - 18)$$

$$\underline{\underline{q = 18776,1253 \text{ W}}}$$

#### 3.7.1.4 Cálculo del caudal del líquido

Para el cálculo del caudal del líquido se procedió a la toma de datos tras algunos ensayos. El valor del caudal del líquido que es el que se señala a continuación.

$$\begin{aligned} \mathbf{Ca} &= \mathbf{Caudal\ del\ líquido\ de\ Refrigeración} \\ &\mathbf{(0.0011831\ m^3/seg.)} \end{aligned}$$

Posteriormente con este dato calculamos la densidad del líquido el cual nos entrega la bomba de agua al Intercambiador de calor (radiador).

##### 3.7.1.4.1 Calcular con la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} \mathbf{Va} &= \mathbf{Ca} \\ \mathbf{Ati} \end{aligned}$$

**De donde:**

**Va** = Velocidad del Líquido de Refrigeración

**Ati** = Área Transversal de ingreso al Intercambiador de calor (radiador)

**D** = Diámetro de la toma de ingreso al Intercambiador de calor (radiador)  
es de 0.032 m

$$Ati = \frac{\pi * D^2}{2}$$

*Ecuación 10 - Área Transversal de ingreso*

$$Ati = \frac{\pi * (0,032)^2}{2}$$

$$Ati = 0,0016084$$

Entonces aplicando la ecuación antes señalada, procedemos al cálculo de la velocidad del líquido:

$$Va = Ca$$

$$Ati$$

$$Va = \frac{0,0011831}{0,0016084}$$

$$Va = 0,7355 \text{ m/seg}$$

A partir de la velocidad se puede encontrar el flujo másico del agua utilizando la siguiente ecuación:

$$ma = \delta * Va * At * Nt$$

*Ecuación 11 - Flujo másico de agua*

**De Donde:**

$\delta$  = Densidad del líquido de refrigeración

$At$  = Área transversal por donde ingresa el fluido caliente.

$Nt$  = Numero de tubos

**Entonces reemplazando tenemos:**

$$ma = 963.2 * 0.7355 * (0.0125 * 0.0025) * 48$$

$$ma = 1.062 \text{ Kg / seg}$$

### 3.7.2 Modificación Sistema de escape

Se sustituye el múltiple de escape original del vehículo por un múltiple construido específicamente para el motor utilizado. Es un múltiple con conductos individuales para cada cilindro, el cual ayuda considerablemente la evacuación de los gases de la cámara de combustión con rapidez al no contar con ninguna clase de restricción.



**Figura 48-3.** Múltiple original

Fuente: Autor



**Figura 49-3.** Múltiple modificado (header)

Fuente: Autor

### 3.7.3 Construcción heder

Los motores constan de un múltiple de escape para trabajar en condiciones estándar, por esa razón consta de un silenciador principal que está en el interior del múltiple, el cual está constituido por un sistema de Bridas cumpliendo la función de reducir el sonido y gases contaminantes. Si se utilizaría dicho sistema en el motor repotenciado se estaría restando potencia a nuestro motor.

El motor repotenciado el sistema de escape fue cambiado por completo, se elimina el silenciador y se sustituyó por un tubo de 2,5" y el múltiple de escape original por uno de competencia el cual tiene la particularidad de que la salida es independiente para cada cilindro y al final se a un solo conducto conocido como heder de 3 a 1. Para la construcción del sistema de escape tenemos que utilizar siempre el mismo diámetro desde el inicio al final para no cometer errores que al cambiar de diámetro podemos causar restricciones o generar turbulencias y no se evacuaría los gases por completo

#### 3.7.3.1 Cálculos para construcción header

Los cálculos son el punto de partida para tener los datos básicos sobre los que podremos actuar para realizar un diseño experimental previo de un sistema de escapes de un motor que ha sido totalmente modificado. (Funes , 2008)

##### 3.7.3.1.1 Longitud del múltiple (medido desde la válvula)

$$LM = \frac{12980 \times (AAE + 180^\circ + RCE)}{RPM \times 6}$$

*Ecuación 12 - Longitud múltiple*



$$LM = \frac{12980 \times (70 + 180^\circ + 40)}{6800 \times 6}$$

$$LM = \frac{3764200}{40800}$$

$$\underline{\underline{LM = 92.25 \text{ cm}}}$$

### 3.7.3.1.2 Diámetro de los tubos del múltiple

$$DCM = 2 \times \sqrt{\frac{Cil \text{ unitaria} \times 2}{LM \times 3,1416}}$$

*Ecuación 13 - Diámetro tubo*

$$DCM = 2 \times \sqrt{\frac{380.33 \times 2}{92,25 \times 3,1416}}$$

$$DCM = 2 \times \sqrt{\frac{760,66}{289,81}}$$

$$DCM = 2 \times \sqrt{2,62}$$

$$DCM = 2 \times 1.62$$

$$\underline{\underline{DCM = 3.23}}$$

### 3.7.3.1.3 Diámetro del tubo de salida

$$DEE = 2 \times \sqrt{\frac{Cilindrada \text{ Total}}{LM \times 3,1416}}$$

*Ecuación 14 - Diámetro tubo*

$$DEE = 2 \times \sqrt{\frac{1141}{92,25 \times 3,1416}}$$

$$DEE = 2 \times \sqrt{\frac{1141}{289.81}}$$

$$DEE = 2 \times 1,98$$

$$\underline{\underline{DEE = 3.96}}$$

Al tener los cálculos de diámetros de cada uno de los tubos, verificamos el diámetro de los tubos más próximos a los que comercializan en el mercado utilizando en material de acero inoxidable de un espesor de 1,2 mm.

#### **3.7.4 Sistema de admisión**

En el sistema de admisión se han realizado cambios significativos que requiere el cambio del múltiple original por uno que se ajuste a las nuevas exigencias con las cuales consta el motor. Se realizó el cambio de válvulas, asientos y guías de válvulas, así como también se ensancho las toberas de admisión.

Por esa razón tiene que ir todo el sistema en armonía y para eso se considera varios aspectos para la construcción del nuevo múltiple de escape.

El nuevo múltiple que se va a construir es de vital importancia para que el llenado de los cilindros sea lo más óptimo y de una forma correcta, por esa razón se debe calcular el diámetro del tubo que vamos a utilizar, la distancia de los mismos, el ángulo de posición de los tubos y el número de carburadores.

##### **3.7.4.1 Diámetro de tubo**

La mezcla que ingresa hacia el interior del cabezote es igual al volumen aspirado por el pistón, generado por la depresión en cada uno de los cilindros y por ende se multiplica por la sección de paso que en este caso sería el diámetro del tubo que se va a utilizar en el múltiple cumpliendo con la siguiente condición.

**Formula:**

$$V_p \times S_p = V_g \times S_c$$

*Ecuación 15 - Diámetro tubo*

**Donde**

***Vp = velocidad media del pistón***

$$VP = \frac{\text{Carrera (en mts)} \times W}{30} \frac{m}{s}$$

*Ecuación 16 - Velocidad pistón*

***Sp = superficie del pistón***

$$Sp = \frac{\pi \times Dc^2}{4} (cm^2)$$

*Ecuación 17 - Superficie pistón*

***Vg = velocidad de mezcla***

$$Vg = 60 \text{ a } 80 (m/s)$$

*Ecuación 18 - Velocidad mezcla*

***Sc = sección del conducto del tubo de admisión***

$$Sc = \frac{(Vp \times Sp)}{Vg} (cm^2)$$

*Ecuación 19 - Sección tubo*

Como el motor que se está repotenciando es para competencia y tiene un alto régimen de giro, la velocidad de la mezcla es aproximadamente de 80 m/s. Teniendo este valor como referencial podemos determinar el valor del diámetro aproximado que debe tener el conducto del múltiple que vamos a diseñar.

#### ***3.7.4.2 Distancia del tubo***

Después de investigar y el consultar con varios técnicos se llegó a la conclusión que debe tener la menor longitud posible y ser equidistantes entre sí para que la mezcla puede llegar al mismo tiempo hacia los cilindros. Por esa razón utilizamos carburadores independientes por su constitución y disposición.



**Figura 50-3.** Múltiple de admisión con tomas individuales

**Fuente:** Autor

#### 3.7.4.3 Ángulo de posición de los tubos

Los tubos “debe tener un ángulo de inclinación de  $3^{\circ}$  a  $6^{\circ}$  de esta manera se obtiene un mejor flujo y un mejor llenado de los cilindros” (Funes , 2008)



**Figura 51-3.** Angulo de  $7^{\circ}$  múltiple de admisión

**Fuente:** Autor

## CAPITULO IV

### 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos que se obtuvieron después de realizar las modificaciones en el motor repotenciado son los siguientes.

**Tabla 9-3:** Motor repotenciado

<b>TIPO</b>	<b>SOCH 3 cilindros en línea/ cuatro tiempos</b>
CILINDRADA	<b>1141 cc (69,63 in.cu)</b>
DIAMETRO X CARRERA	<b>79 x 77,65 (mm) / 4.82 x 4.74 (in)</b>
RELACION DE	<b>12.5:1</b>
POTENCIA	<b>48 HP @ 5100 rpm</b>
TORQUE	<b>57 lb-ft @ 3200 rpm</b>
CARBURADOR	<b>KEIHIN, 3 individuales</b>
TIPO DE COMBUSTIBLE	<b>Gasolina SUPER 92 Octanos</b>
SISTEMA DE ESCAPE	<b>Simple</b>
BUJIAS	<b>NGK BPR6EIX – IRIDIUM</b>
CAMPO DE	<b>1200 – 7500 rpm</b>

**Fuente:** Autor

Al contar con datos reales de las pruebas podemos conocer que el incremento de la repotenciación fue evidente y de esta manera se puede concluir que:

- El motor repotenciado pudo aumentar un 46% en el número de revoluciones.
- El cambio de marcha se acorto en un 65%.
- Alcanza una velocidad de 100 Km/h con más rapidez, con una diferencia de 24,7 segundos.
- Todas las modificaciones que se realizaron en todo el proceso se acoplaron de una forma homogénea alcanzando los objetivos planteados.
- El motor ya repotenciado tuvo un incremento del 450%
- Al aumentar la cilindrada y al modificar varios sistemas del motor si bien es cierto la temperatura tiende a subir en nuestro motor la temperatura se mantuvo en el rango de funcionamiento normal del motor teniendo una gran ventaja.

- Al momento que el motor se le llevo a una competencia y probarlo con exigencia muy altas y terminando satisfactoriamente la prueba podemos decir que cada una de las modificaciones alcanzaron su objetivo, teniendo un motor fiable para una competencia nacional.

#### 4.1 Curvas características de la experimentación

##### 4.1.1 Curvas de motor de repotenciado



**Figura 52-3.** Curvas motor repotenciado

Fuente: Autor

Realizamos la misma operación que se había realizado con los datos del motor en condiciones estándar pero ya con los datos actuales. Multiplicar los datos por el factor de corrección.

$$P_n = p_{\text{-mot}} \times \text{factor-corrección}$$

*Ecuación 20 - Factor de Corrección*

$$P_n = 91,2 \times 1.01495 = 91,828368 = \underline{\underline{91.8 \text{ kW}}}$$

## 5 CONCLUSIONES

- Se obtuvo mejoras en el rendimiento realizando las modificaciones en cada uno de los sistemas, pero sin llevar al máximo del rendimiento del motor.
- Se pudo demostrar que no necesariamente se debe invertir valores muy altos de dinero para tener un motor de competencia competitivo.
- Se pudo implementar nuevas técnicas para la repotenciación de este tipo de motores dando un resultado excepcional según las pruebas obtenidas en el dinamómetro.
- Se demostró que al sustituir el tipo de suministro de combustible tenemos una mezcla más homogénea para los tres pistones.
- Al calcular el tipo de radiador que se utilizó en el motor ya repotenciado no sufrió ninguna clase de sobrecalentamiento y permanecía en la temperatura normal de funcionamiento, tanto en pruebas en el dinamómetro y pruebas de competencia.
- La fiabilidad del motor que se repotencio fue muy aceptable por el haber armado y correr tres campeonatos a la vez sin sufrir ninguna clase de desperfectos sin tener que realizar a la mecánica sino más bien solo por mantenimientos de rutina previos a una competencia.
- Al cumplir con un año calendario de competencia se desmonto el motor para una revisión y conocer cómo se encontraban las partes internas del mismo; se pudo observar que no tenía desgaste considerable a más del normal, en el conjunto biela manivela y en ninguna de sus componentes.

## **6 RECOMENDACIONES**

- Utilizar los carburadores adecuados para la nueva cilindrada del motor y no utilizar carburadores muy grandes y así evitar que el suministro de gasolina sea excesivo.
- Al momento de modificar el cabezote se debe hacer con las mismas medidas para los tres cilindros y que el desempeño sea homogéneo.
- Instalar manómetros externos de temperatura y presión de aceite para tener un mejor monitoreo del motor al momento de una competencia.
- Instalar un electro ventilador con una conexión independiente y poder encenderlo al momento que sea necesario.
- Al modificar el sistema de encendido se debe mantener una armonía para que su trabajo sea óptimo.
- Al calcular el radiador que se va utilizar el motor repotenciado debemos saber medidas de radiadores que se comercialice con facilidad en nuestro medio.
- Utilizar lubricantes sintéticos de alto desempeño y aditivos para uso exclusivo de competencias para proteger al motor.



## 7 BIBLIOGRAFÍA

**FUNES, C.A.** Diseño de motores para competencia. Cordoba, 2008, pp 30-75

**F. PAYRI, J.M. DESANTES.** *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Reverté, 2011.

**RODRIGUEZ, Alberto, R.** *Análisis técnico Par motor-Torque*. [En línea] [Citado el: 10 de 11 de 2015] Disponible en: <https://albrodpulf1.wordpress.com/2014/04/14/analisis-par-motor-torque/>

**Blancarte, J..** *www.autocosmos.com*. [En línea] [Citado el: 20 de 12 de 2015] Disponible en: <http://especiales.ve.autocosmos.com/tipsyconsejos/noticias/2014/01/08/como-funciona-un-motor-de-cuatro-tiempos>

**Correa de tiempo, www.correadetiempo.com.** [En línea]  
[Citado el: 8 de 01 de 2016] Disponible en: <http://correadetiempo.com/geo/geo-1-0l-3-cilindros/>

**Dani meganeboy, www.aficionadosalamecanica.net.** [En línea]  
[Citado el: 30 de 03 de 2015] Disponible en:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

**Dani meganeboy. www.aficionadosalamecanica.net.** [En línea]  
[Citado el: 30 de 03 de 2015] Disponible en:  
[http://www.aficionadosalamecanica.net/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/cur_mec_cilindrada.htm)

**Danni, [En línea]**  
[Citado el: 10 de 04 de 2016] Disponible  
en:<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-refrigeracion.html>

**griffinparts, www.ebay.com.** [En línea]  
[Citado el: 15 de 06 de 2017] Disponible en: <http://www.ebay.com/itm/AISAN-STYLE-CARBURETOR-TOY-505-TOYOTA-PICKUP-22R-1981-1987-W-GREEN-ROUND-PLUG-/142360569468>

**Grupo de mecatronica, http://fisicaqui.blogspot.com.** [En línea]  
[Citado el: 25 de 08 de 2016] Disponible en:  
<http://fisicaqui.blogspot.com/2010/05/funcionamento-de-um-motor-quatro-tempos.html>

**Ivan, http://mecanicayautomocion.blogspot.com.** [En línea]  
[Citado el: 10 de 09 de 2016] Disponible en:  
<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistema-de-distribucion.html>

**maosys**, *www.maosys.com.ar*. [En línea]

[Citado el: 10 de 05 de 2017] Disponible en:

[http://www.domingobruno.com.ar/camisas\\_de\\_cilindros.html](http://www.domingobruno.com.ar/camisas_de_cilindros.html)

**Mieles**, M., *www.american-usa.com*. [En línea]

[Citado el: 15 de 02 de 2017] Disponible en: [https://prezi.com/02is\\_rzqnldd/tuberias/](https://prezi.com/02is_rzqnldd/tuberias/)

**mizumo autoparts**, *http://www.mizumoautoparts.com*. [En línea]

[Citado el 10 de 01 de 2017] Disponible

en: [https://www.google.com.ec/search?q=motor+g10%2Bbomba+de+agua&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjzu9q2parVAhVNgiYKHTEUCX0Q\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgsrc=XifPOk8b\\_8ggzM](https://www.google.com.ec/search?q=motor+g10%2Bbomba+de+agua&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjzu9q2parVAhVNgiYKHTEUCX0Q_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgsrc=XifPOk8b_8ggzM):

**nepsa**, *www.nepsamexico.com*. [En línea]

[Citado el 25 de Julio de 2017] Disponible en:

<http://www.nepsamexico.com/productos/pulidor-lineal-ingersoll-rand-33rsc4a/>

**Palomares, I. J.**, [En línea] [Citado el: 15 de 01 de 2017] Disponible en:

<https://es.slideshare.net/jimpalomares/sist-de-refrigeracin>.

**Pemco Herramientas y equipos**, *www.pemco.com.pa*. [En línea]

[Citado el: 18 de 07 de 2016] Disponible en:

<http://www.pemco.com.pa/index.php/productos/catalogo/articulos/180>

**Piñón, J.**, *http://www.revistasexcelencias.com*. [En línea]

[Citado el: 21 de 10 de 2016] Disponible en: <http://www.revistasexcelencias.com/excelencias-del-motor/hyundai-i10/tecnica/la-relacion-de-compresion>

**Prestone**, *www.prestone.com*. [En línea]

[Citado el: 19 de 09 de 2016] Disponible en: <http://www.prestone.com/products?detail=AF2000>

**Roshfrans**, *www.roshfrans.com*. [En línea]

[Citado el: 14 de 06 de 2016] Disponible en: <http://www.roshfrans.com/que-es-el-traslape-de-valvulas/>

**Sakura**, *www.paintmarker.com.br*. [En línea]

[Citado el: 12 de 01 de 2016] Disponible en: <http://www.paintmarker.com.br/marcador-industrial-sakura/>

**SPAL usa**, *http://www.jegs.com*. [En línea]

[Citado el: 21 de 03 de 2017] Disponible

en: <https://www.google.com.ec/search?q=electroventilador&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ve>

d=0ahUKEwjcn8SzyrbVAhWD3SYKHxaoANYQ\_AUICigB&biw=1242&bih=602#imgdii=S  
H5E0fw4EiDjtM:&imgsrc=ZH9Zc4J2SJj24M:

**Taller y Repuestos**, s.f. *tuning.deautomoviles.com.ar*. [En línea]

[Citado el 19 de mayo de 2015] Disponible en: <http://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/220-que-es-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor>





